

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

«Российский государственный профессионально-педагогический
университет»

Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра инжиниринга и профессионального обучения в машиностроении и
металлургии

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «КОРПУС КОРОБКИ
ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНОЙ»

Выпускная квалификационная работа

по направлению 44.03.04 Профессиональное обучение (по отраслям) профиля
подготовки «Машиностроение и материалобработка» профилизации
«Технология и оборудование машиностроения»

Идентификационный код ВКР: 185

Екатеринбург 2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский государственный профессионально-педагогический
университет»
Институт инженерно-педагогического образования
Кафедра инжиниринга и профессионального обучения в машиностроении и
металлургии

К ЗАЩИТЕ ДОПУСКАЮ:

Заведующий кафедрой ИММ

_____ Б. Н. Гузанов

«___» _____ 2019 г.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ «КОРПУС КОРОБКИ
ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНОЙ»

Выпускная квалификационная работа

по направлению подготовки 44.03.04

Профессиональное обучение (по отраслям)

профиля подготовки «Машиностроение и материалобработка»

специализации «Технология и оборудование машиностроения»

Идентификационный код ВКР: 185

Исполнитель:

студент группы ТО-401п

А. П. Сунцов

Руководитель:

доцент

Т. А. Козлова

Екатеринбург 2019

АННОТАЦИЯ

Объем данной выпускной квалификационной работы (ВКР) составил 104 страниц листов формата А4 печатного текста. Эта работа содержит 14 иллюстраций, 37 таблиц, приложения на 45 листах, 32 использованных источников и графическую часть на 7 листах.

Ключевые слова: ОБРАБОТКА РЕЗАНИЕМ КОРПУСНОЙ ДЕТАЛИ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС, ОБРАБАТЫВАЮЩИЙ ЦЕНТР, УРОК (ПОЛУЧЕНИЯ НОВЫХ ЗНАНИЙ), МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ (ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПЕРЕПОДГОТОВКА), ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБУЧЕНИЕ, ПРОЕКТИРОВАНИЕ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ, ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ.

Аннотация: В дипломном проекте представлена разработка технологического процесса механической обработки детали «Корпус коробки присоединительной».

В первой части проекта дается анализ исходной информации по детали, для которой необходимо спроектировать технологический процесс. В технологической части дается описание выбора заготовки, оборудования, инструментов, а также приводится маршрут обработки детали. В части «разработка управляющих программ описывается материал необходимый для написания программы и приводится ее фрагмент. В экономической части осуществлен расчет себестоимости одной детали и партии в целом. В методическом разделе предлагается разработка урока усвоения новых знаний для повышения квалификации рабочего.

					ДП 44.03.04.185.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Проектирование технологического процесса механической обработки детали «Корпус коробки присоединительной» Пояснительная записка	Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Сунцов А. П.							
Пров.	Козлова Т. А.						3	100
Н.контр.	Суриков В. П.					РГПУ, каф. ИММ, гр. ТО-401п		
Зав. каф.	Гузанов Б. Н.							

СОДЕРЖАНИЕ

ВЕДЕНИЕ	6
1. АНАЛИЗ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ	7
1.1. Служебное назначение и техническая характеристика детали	7
1.2. Анализ технологичности конструкции детали	12
1.2.1. Качественная оценка.....	13
1.2.2. Количественная оценка	14
1.3. Определение типа производства.....	15
1.4. Анализ исходных данных для разработки технологического процесса ..	17
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	18
2.1. Разработка технологического процесса обработки детали.....	18
2.1.1. Выбор исходной заготовки и метода ее получения.....	18
2.1.2. Экономическое обоснование выбора заготовки	19
2.1.3. Выбор технологических баз.....	22
2.1.4. Выбор методов обработки поверхностей	27
2.1.5. Разработка технологического маршрута обработки детали	31
2.1.6. Выбор средств технологического оснащения	33
2.2. Технологические расчеты	50
2.2.1. Расчет припусков на заготовку	50
2.2.2. Расчет режимов резания	56
2.2.3. Расчет технических норм времени	59
3. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ.....	66
3.1. Особенности разработки управляющей программы	66
3.2. Разработка управляющей программы для обработки детали «Корпус коробки присоединительной»	68
4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	70
4.1 Техническое описание разрабатываемого мероприятия.....	70

4.2. Определение количества технологического оборудования.....	70
4.3. Определение капитальных вложений в оборудование	72
4.4. Расчет технологической себестоимости детали	73
4.5. Определение экономических показателей разрабатываемого мероприятия.....	84
5. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ	86
5.1. Актуальность методической разработки	86
5.2. Анализ условий обучения в центре ДПО	86
5.3. Анализ профессионального стандарта.....	88
5.4. Выбор темы для проектирования теоретического занятия.....	90
5.5. Разработка теоретического занятия	91
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	100
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	101
ПРИЛОЖЕНИЕ А – ПЕРЕЧЕНЬ ЛИСТОВ ГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ	105
ПРИЛОЖЕНИЕ Б – ФРАГМЕНТ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ.....	106
ПРИЛОЖЕНИЕ В – УЧЕБНАЯ ПРЕЗЕНТАЦИЯ.....	108
ПРИЛОЖЕНИЕ Г – КОМПЛЕКТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ.....	117

ВЕДЕНИЕ

Машиностроение одна из самых важных отраслей промышленности. От этой отрасли зависит состояние экономики нашей страны, поэтому важно вносить достаточный вклад в ее развитие. Одним из таких вкладов стало внедрение современного производительного оборудования и инструментов. Станки с числовым программным управлением (ЧПУ) стали появляться на многих предприятиях взамен универсальным. Главным их отличием является наличие системы ЧПУ, которая позволяет запрограммировать обработку деталей, повысить производительность, автоматизировать производство и сократить участие человека в изготовлении деталей.

Тенденция ужесточения требований к качеству изготовления деталей делает оборудование с ЧПУ практически незаменимым в настоящее время. Соответственно и технологические процессы должны включать в себя всю необходимую информацию для достижения необходимого качества и производительности. Поэтому важно грамотно спроектировать технологических процесс механической обработки и подготовить рабочих для работы на станках с ЧПУ.

Целью данной работы является проектирование технологического процесса механической обработки детали «Корпус коробки присоединительной» в условиях среднесерийного производства с использованием обрабатывающих центров с ЧПУ.

Соответственно, для достижения поставленной цели выделены следующие задачи:

- Анализ исходных данных на проектирование;
- Разработка технологического процесса;
- Расчет экономической эффективности;
- Проектирование управляющей программы;
- Разработка методического обеспечения;

1. АНАЛИЗ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ

1.1. Служебное назначение и техническая характеристика детали

Деталь «Корпус коробки присоединительной» входит в состав сборочного узла машины специального назначения, в дальнейшем «Корпус», и предназначена для размещения электрических компонентов. Деталь сопрягается поверхностью шириной 120 мм. К данной поверхности предъявляется высокие требования точности: параллельность 0,05 мм и шероховатость Ra 2,5. Корпус закрепляется с помощью винтового соединения через резьбовые отверстия М8-6Н (4 отв.) и М6-6Н (2 отв.), которые имеют 6-ой квалитет точности. Положение корпуса в изделии определяется круговыми пазами, диаметр которых 65 мм и 82 мм, и ширина 4Н12 мм. Кроме того, деталь имеет еще одну присоединительную поверхность шириной 100 мм, шероховатостью Ra 3,2 с отверстиями под винты М14-6Н (2 отв.). К корпусу присоединяется ряд других деталей:

1) По торцу: деталь помещается в отверстие 52Н9 и фиксируется по торцу наружной цилиндрической поверхности 65d11 в определенном угловом положении, которое определяется 4-мя пазами 6 мм и 1-м пазом 5 мм с малым полем допуска 0,05 мм и шероховатостью стенок Ra 3,2. К последнему пазу также относится требование к симметричности относительно поверхности «К» 0,1 мм. Корпус охватывается наружной цилиндрической поверхностью 65d11 и закрепляется двумя винтами через глухие резьбовые отверстия М6-6Н.

2) По наклонному глухому отверстию диаметром 16 мм: стенки отверстия имеют низкую шероховатость Ra 2,5. Резьбовое отверстие для закрепления помещаемой детали в корпус М8х1-6Н выполняется с шероховатостью Ra 3,2 и отклонение от соосности составляет не более 0,05 мм.

					ДП 44.03.04.185.ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

В корпусе предусмотрены 2 отверстия с перекрещивающимися осями для установки в них компонентов электрической схемы.

На рабочем чертеже детали имеется ряд технических требований, которые в процессе изготовления необходимо учесть:

- 1) Штамповка 3 группа – М ОСТ 1 90073-85.
- 2) Предельные отклонения на штамповочные размеры по ОСТ 1 41187-78 класс точности 6.
- 3) Контроль твердости на 5% дет. От партии, но не менее 2 шт.
- 4) Штамповочные клоны 7°.
- 5) Штамповочные радиусы 15 мм.
- 6) Размеры обеспечиваются инструментом.
- 7) Размеры после покрытия.
- 8) Фаски и сбег резьбы по ОСТ 1 00010-81.
- 9) Неуказанные предельные отклонения размеров, допуски формы и расположения поверхностей по ОСТ 1 00022-80.
- 10) Допуск симметричности паза И относительно поверхности К 0,1 мм.
- 11) Допуск симметричности резьбовых отверстий относительно вертикальной плоскости 0,1 мм.
- 12) За вертикальную плоскость принять плоскость, проходящую через ось поверхности Л.
- 13) Острые кромки в зоне пазов И и М притупить 0,2...0,4 мм.
- 14) Острые кромки в местах пересечения поверхностей Н и П скруглить радиусом 0,4 мм.
- 15) Покрытие: ан. окс. тв. 30. Допускается отсутствие покрытия на внутренней поверхности детали площадью до 1 см².

Анализ рабочего чертежа детали, позволил установить уровень точности поверхностей, подлежащих обработке резанием (рисунок 1; Таблица 1; 2):

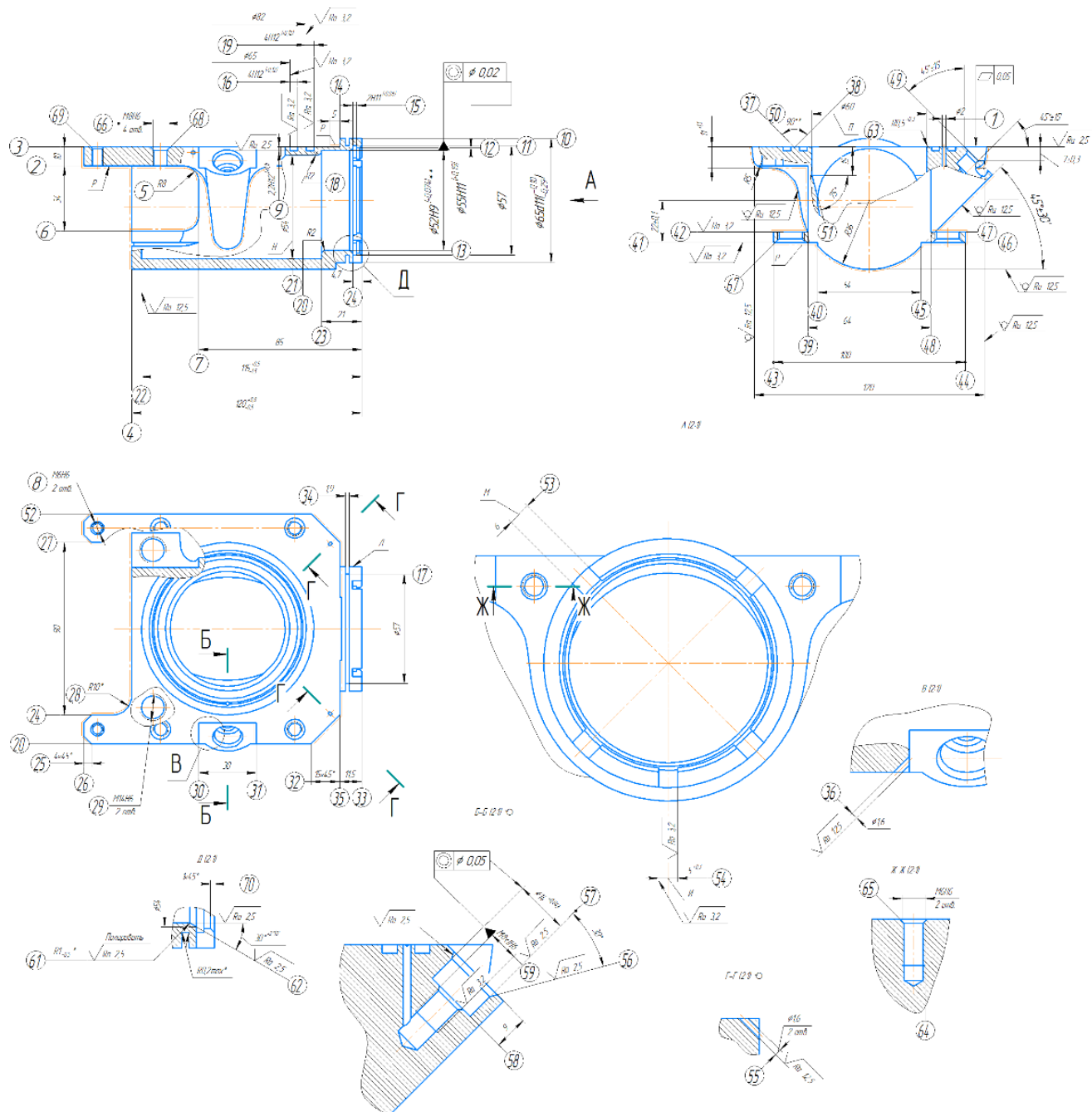









Рисунок 1- Эскиз детали «Корпус» с нумерацией поверхностей

Таблица 1 - Шероховатость поверхностей

№ поверхности	Шероховатость
3, 9, 13, 56-57, 61-62	Ra 2,5
16, 19, 41-42, 46-47, 54, 59	Ra 3,2
1-2, 4-8, 10-12, 14-15, 17-21, 22-35, 37-40, 43-45, 48-53, 58, 60, 63-69	Ra 6,3
22, 36, 55	Ra 12,5

К точности поверхностей предъявляются следующие требования:

Таблица 2 - Размерная точность поверхностей

№ поверхности (рис. 1)	Точность поверхностей		Отклонения, мкм	
	Квалитет	форма	ВО	НО
1	2	3	4	5
2, 4, 40, 45	По ОСТ 1 00022-80		0	-0,74
3	По ОСТ 1 00022-80	 0,05	0	-1,00
5	По ОСТ 1 00022-80		±1,00	
6, 7	По ОСТ 1 00022-80		0	+0,52
64, 66	6H	 0,1	+0,009	0
8	6H	 0,1	+0,008	0
9	H12		+0,10	0
10, 32, 41-42, 46-47, 49	По ОСТ 1 00022-80		0	-0,43
11, 22, 24, 50-51	По ОСТ 1 00022-80		+0,46	0
12, 34	По ОСТ 1 00022-80	 0,02	0	-0,25
13	H9		+0,074	0
14, 17	По ОСТ 1 00022-80		0	-0,46
15	H11		+0,06	0
16	H12		+0,12	0
18, 20, 62, 65, 67-69	По ОСТ 1 00022-80		±0,30	
19	H12		+0,12	0
21	По ОСТ 1 00022-80		+0,5	-1,5
23, 36	По ОСТ 1 00022-80		+0,43	0
25, 43-44	По ОСТ 1 00022-80		0	-0,30
26-27, 30-31	По ОСТ 1 00022-80		0	-0,52
36	По ОСТ 1 00022-80		+0,14	0
28, 58, 63	По ОСТ 1 00022-80		±0,20	
29	6H	 0,1	+0,11	0
33	d11		-0,10	-0,29
35	По ОСТ 1 00022-80		0	-0,87
37-38	По ОСТ 1 00022-80		±0,1	
39, 48	По ОСТ 1 00022-80		0	-0,62
53-54	По ОСТ 1 00022-80	 0,1	+0,30	0
1, 55	По ОСТ 1 00022-80		+0,14	0
56	По ОСТ 1 00022-80		±0,50	
57	По ОСТ 1 00022-80		+0,043	0
59	6H	 0,1	+0,09	0

Окончание таблицы 2 - Размерная точность поверхностей

1	2	3	4	5
60	По ОСТ 1 00022-80		+0,22	0
61	По ОСТ 1 00022-80		0	-0,50

Корпус изготавливается из сплава марки АМг6 ГОСТ 4784-97 – магналий высокой пластичности, но средней прочности. Он обладает хорошей коррозионной стойкостью, хорошей обрабатываемостью резаньем и хорошо обрабатывается давлением. В ряду прочих широко известных магналиев этот сплав занимает первое место по прочности и твёрдости, но последнее место по коррозионной стойкости и последнее место по пластическим свойствам. Хотя он хорошо сваривается, но сварной шов АМг6 более пористый чем у того же АМг3 и часто требует дополнительной обработки. Это один из самых лёгких сплавов алюминия с плотностью 2,65 г/см³.

Из данного сплава в машиностроении производят кузова и рамы вагонов, судовые переборки, мачты корпуса и узлы подъемного оборудования, топливные баки [18; 31].

Химический состав сплава АМг6 ГОСТ 4784-97 (таблица 3):

Таблица 3 - Хим. состав сплава АМг6

Fe	Si	Mn	Ti	Al	Cu	Be	Mg	Zn	Примесей
До 0,4	До 0,4	0,5-0,8	0,02-0,1	91,1-93,68	До 0,1	0,0002-0,005	5,8-6,8	До 0,2	Прочие, каждая 0,05; всего 0,1

Примечание: Al – основа; процентное содержание Al дано приблизительно [25].

Механические свойства штамповок из АМг6 по ОСТ 1.90073-85 (таблица 4) [25]:

Таблица 4 - Механические свойства штамповок из сплава АМг6 в отожженном состоянии толщиной от 100 до 300 мм

σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	НВ
285	120	11	63,5

Таким образом, материал АМг6 обладает относительно небольшими прочностными характеристиками. Корпус не является ответственной деталью, поэтому этой прочности вполне достаточно для выполнения своих функций. Магналий хорошо обрабатывается резанием, что упрощает изготовление деталей. Также он обладает небольшой плотностью, т. е. масса деталей из данного материала получается относительно небольшой, что обеспечивает положительный эффект для машины в целом.

1.2. Анализ технологичности конструкции детали

Согласно ГОСТ 14.205-83 «Технологичность конструкции изделий. Термины и определения» технологичность конструкции – это совокупность свойств конструкции изделия, определяющих ее приспособленность к достижению оптимальных затрат при производстве, техническом обслуживании и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ [7]. Целями отработки технологичности конструкции являются: повышение производительности труда; снижение затрат и сокращение времени на проектирование, технологическую подготовку производства, изготовление, техническое обслуживание и ремонт изделия, обеспечение необходимого качества изделия [3]. Оценка технологичности конструкции детали существует двух видов: качественной и количественной.

Деталь может быть признана технологичной с точки зрения качественной оценки, если она отвечает следующим требованиям [4]:

1. При конструировании изделия используются простые геометрические формы, позволяющие применять высокопроизводительные методы производства. Предусмотрена удобная и надежная технологическая база в процессе обработки.

2. Обоснованы заданные требования к точности размеров и формы детали.
3. Для снижения объема механической обработки предусмотрены допуски только по размерам посадочных поверхностей.
4. Обеспечена достаточная жесткость детали.
5. Обеспечен свободный вход и выход инструмента из зоны обработки.

1.2.1. Качественная оценка

Качественная оценка сводится к определению соответствия конструкции детали вышеуказанным требованиям. Имеем следующие признаки технологичности и нетехнологичности:

- Сплав АМг6 очень хорошо поддается объемной штамповке и не поддается другим методам получения заготовок, поэтому заготовка детали изготавливается данным методом. В результате объем механической обработки сокращается – это технологично.
- Деталь состоит из сложных геометрических форм, что усложняет изготовление штампов и процесс производства заготовки. В процессе обработки технологические базы меняются, поэтому усложняется процесс механической обработки – это нетехнологично.
- Допуски имеются только на размеры посадочных поверхностей, значит объем механической обработки снижен – это технологично.
- В конструкции детали не имеются элементы затрудняющие подвод жесткого и высокопроизводительного инструмента к зоне обработки детали – это технологично.
- Вход и выход инструмента из зоны обработки обеспечивается свободно – это технологично.

- Установка нескольких деталей не представляется возможным в виду специфики обработки и наличия большого количества угловых элементов – это нетехнологично.

- Корпус имеет глухие отверстия и их нельзя заменить сквозными: ступенчатое отверстие Ø14 и Ø8 мм, и резьбой М8х1-6Н; отверстия с несовпадающими параллельными осями Ø52 и Ø54 мм; два резьбовых отверстия М6-6Н – это нетехнологично.

- Не допускается обработка некоторых плоскостей на проход: плоскость высотой 34±0,3 мм с радиусом скругления 8 мм; плоскость нижних лапок с резьбовыми отверстиями М14-6Н – это нетехнологично.

- Имеются обрабатываемые плоскости, расположенные под наклоном: опорная поверхность шириной 30 мм у ступенчатого отверстия; 3 отверстия Ø1,6 мм – это нетехнологично.

- Глухие отверстия с резьбой не имеют сбег резьбы – это нетехнологично.

- Корпус имеет тонкостенный элемент, образуемый размерами Ø54 мм и R36 мм – это нетехнологично.

По представленным критериям можно сделать вывод о том, что «Корпус» является нетехнологичной с признаками технологичности.

1.2.2. Количественная оценка

Количественную оценку технологичности конструкции детали производжу по следующим коэффициентам:

1. по коэффициенту использования материала

$$K_{им} = \frac{M_d}{M_m},$$

где M_d – масса детали, кг;

M_m – масса материала, расходуемого на изготовление детали, кг.

$$K_{им} = \frac{1,97}{2,25} = 0,88.$$

По коэффициенту точности обработки детали

$$K_T = \frac{T_H}{T_0},$$

где T_H – число размеров необоснованной степени точности обработки;

T_0 – общее число размеров, подлежащих обработке.

$$K_T = \frac{34}{65} = 0,52.$$

2. По коэффициенту шероховатости поверхностей детали

$$K_{ш} = \frac{Ш_H}{Ш_0},$$

где $Ш_H$ – число поверхностей детали, не обоснованной шероховатости, шт;

$Ш_0$ – общее число поверхностей детали, подлежащих обработке

$$K_{ш} = \frac{16}{65} = 0,25.$$

Исходя из приведенного анализа можно сделать вывод о том, что представленная деталь является нетехнологичной согласно качественной и количественной оценке.

1.3. Определение типа производства

Согласно ГОСТ 14.004-83 «Технологическая подготовка производства. Термины и определения основных понятий» тип производства – это классификационная категория производства, выделяемая по признакам широты номенклатуры, регулярности и объема выпуска изделий. Различают три типа производства: единичное, серийное, массовое.

Единичное производство – Производство, характеризуемое малым объемом выпуска одинаковых изделий, повторное изготовление и ремонт которых, как правило, не предусматривается.

Серийное производство – Производство, характеризующееся изготовлением или ремонтом изделий периодически повторяющимися партиями. В зависимости от количества изделий в партии или серии и значения коэффициента закрепления операций различают мелкосерийное, среднесерийное и крупносерийное производство.

Массовое производство – Производство, характеризующееся большим объемом выпуска изделий, непрерывно изготавливаемых или ремонтируемых продолжительное время, в течение которого на большинстве рабочих мест выполняется одна рабочая операция [9].

Изготовление детали «Корпус» предполагается осуществлять в условиях среднесерийного производства. Исходя из этого можно определить годовую программу по таблице 5:

Таблица 5 - зависимость типа производства от объема годового выпуска и массы детали

Масса детали, кг	Тип производства				
	единичное	мелкосерийное	среднесерийное	крупносерийное	Массовое
1	2	3	4	5	6
< 1,0	< 10	10-2000	1500-100000	75000-200000	200000
1,0-2,5	< 10	10-1000	1000-50000	50000-100000	100000
2,5-5,0	< 10	10-500	500-35000	35000-75000	75000
5,0-10	< 10	10-300	300-25000	25000-50000	50000
> 10	< 10	10-200	200-10000	10000-25000	25000

Масса детали составляет 1,97 кг, соответственно принимаю годовую программу выпуска деталей в объеме 4000 шт.

Форма организации производства на предприятии групповая. Отсюда количество деталей в партии для одновременного запуска определяю по формуле [15]:

$$n = \frac{N \times a}{254},$$

где a – периодичность запуска в днях (принимаю $a = 6$ дней), ч.;

N – годовая программа выпуска деталей, шт.

$$n = \frac{4000 \times 6}{254} = 95 \text{ шт.}$$

Согласно типу производства и массе детали, определены годовая программа выпуска деталей, а также их количество для одновременного запуска.

1.4. Анализ исходных данных для разработки технологического процесса

Исходными данными для разработки технологического процесса являются рабочий чертеж детали и рабочая программа выпуска. Подробный анализ чертежа детали приведен в п. 1.1. данной работы. Стоит отметить, что чертеж детали «Корпус» выполнен в соответствии с требованиями ЕСКД. Годовая программа выпуска составляет 4000 деталей. Исходя из этой информации сформулированы следующие задачи по обеспечению:

- Точности размеров (поверхностей М6-6Н (2 отв.), М8-6Н (4 отв.), М8х1-6Н, М14-6Н (2 отв.), Ø14Н9, Ø52Н9, 2Н11, Ø55Н11, Ø65d11, 2,2Н12, 4Р12, остальные по ОСТ 1 00022-80)
- Точности формы (допуск плоскостности опорной поверхности не более 0,05 мм);
- Точности расположения поверхностей (допуск симметричности резьбовых отверстий относительно вертикальной плоскости 0,1 мм; допуск симметричности паза $5^{+0,3}$ относительно поверхности Ø52Н9 – 0,1 мм);
- Качества поверхностного слоя (шероховатость опорной поверхности, доньев кольцевых канавок, Ø52Н9, фаски отверстия Ø14Н9, отверстие Ø14Н9, фаски и скругления отверстия Ø52Н9 – Ra 2,5; шероховатость поверхности М6-6Н, стенок кольцевых канавок, опорных поверхностей лапок, стенок паза $5^{+0,3}$, М8х1-Н6 – Ra 3,2; шероховатость поверхности Ø1,6 – Ra 12,5; остальных поверхностей – Ra 6,3).

2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1. Разработка технологического процесса обработки детали

2.1.1. Выбор исходной заготовки и метода ее получения

Выбор заготовки для дальнейшей механической обработки является одним из важнейших этапов проектирования технологического процесса изготовления детали. От правильного выбора заготовки, установления ее форм, размеров, припусков на обработку, точности размеров и твердости материала в значительной степени зависит характер и число операций или переходов, трудоемкость изготовления детали, величина расхода материала и инструмента, и в итоге - стоимость изготовления детали [29].

Наиболее применимыми заготовками в серийном и массовом производстве являются прокат, отливки и штамповки. На чертеже детали конструктором указан материал «Амгб ГОСТ 4784-87». ГОСТ имеет название «Алюминий и сплавы алюминиевые деформируемые», из чего следует, что заготовку не получают методами литья. На то есть, веские причины – у материала имеется высокая склонность к образованию холодных трещин, к горячеломкости, склонность к образованию пор наполненных газом, склонность к образованию надрывов и неслитин при литье. Неслитины – это поверхностный дефект слитка, вызванный частичным затвердеванием открытой поверхности слитка [7]. Все вышеперечисленные недостатки алюминиевого сплава АМгб усложняют и делают дороже технологию получения отливок по сравнению с прокатом, поковками и штамповками.

Прокат преимущественно используют в том случае, если профиль детали приближен к профилю проката. Ни один из стандартных видов проката не имеет формы схожей с деталью.

Кованные заготовки применяются в единичном и мелкосерийном производстве, а штампованные в условиях серийного и массового производства, поэтому далее подробнее рассмотрены методы получения штамповок. Основные методы получения штамповок представлены в таблице 6 [2]:

Таблица 6 - Методы получения штамповок

Метод получения заготовок	Размеры или масса		Точность получения заготовок	Параметр шероховатости Ra, мм
	наибольшие	наименьшие		
1	2	3	4	5
Штамповка на молотах и прессах	200 кг	Толщина стенки 2,5 мм	По ГОСТ 7505-89	80-40
Штамповка с последующей чеканкой	100 кг	Толщина стенки 2,5 мм	0,05-0,1 мм	10-25
Штамповка (высадка) на горизонтально-ковочных машинах	100 кг	0,1 кг	По ГОСТ 7505-89	80-40
Штамповка выдавливанием	Диаметр до 200 мм	-	0,2-0,5 мм	80-20

В качестве метода получения заготовки для детали «Корпус», целесообразно использовать штамповку на молотах и прессах, т. к. при данном методе можно получить заготовку сложной формы, оборудование достаточно простое и относительно недорогое, а также не требуются дополнительные операции по повышению чистоты поверхностей, вызывающие удорожание заготовки.

2.1.2. Экономическое обоснование выбора заготовки

В качестве способа заготовки для сравнения выбираю поковку в открытом штампе и штамповку на молотах и прессах.

Информация о степени сложности, группе материала, класс точности и исходный индекс приведены далее:

- группа поковки – I группа (плоские поковки)

- степень сложности определяется по формуле:

$$K_c = \frac{M_{\Pi}}{M_{\text{фиг}}},$$

где V_{Π} – объем поковки;

$V_{\text{фиг}}$ – объем фигуры, в который вписывается поковка (в данном случае это параллелепипед).

С помощью САПР «Компас 3D», были построены трехмерные модели поковки и ее формы, а также определены их массы – 3,27 кг и 5,8 кг соответственно. Эскиз поковки представлен ниже (Рис. 2).

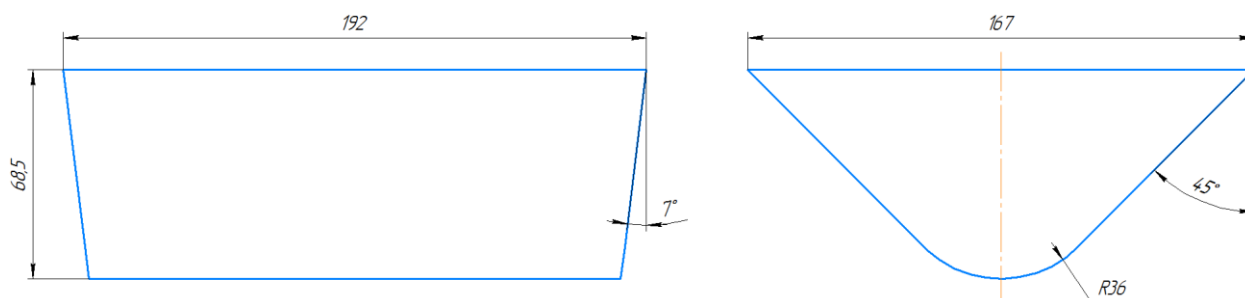


Рисунок 2 - Эскиз поковки

$$K_c = \frac{3,27}{5,80} = 0,56.$$

Исходя из полученной величины K_c , степень сложности поковки – С2, группа материала – М1, класс точности – Т5, исходный индекс – 14.

Экономическое обоснование выбора заготовки при сравнении двух методов их получения включает:

- Сравнение коэффициента использования материала;
- Сравнение стоимости заготовки.

Коэффициента использования материала штамповки на прессах при обработке составляет:

$$K_{\text{им}} = \frac{M_{\text{д}}}{M_{\text{штам}}} = \frac{1,97}{2,25} = 0,88;$$

Коэффициента использования материала поковки в открытом штампе составляет:

$$K_{\text{им}} = \frac{M_{\text{д}}}{M_{\text{пок}}} = \frac{1,97}{3,27} = 0,60$$

Стоимость заготовок рассчитываю по формуле:

$$C_3 = M \times C_{\text{м}} - M_0 \times C_0 + C_{\text{з.ч.}} \times T_{\text{ш-к}} \times \left(1 + \frac{C_{\text{ц}}}{100}\right),$$

где M – масса исходного материала на одну заготовку, кг

$C_{\text{м}}$ – оптовая цена на материал в зависимости от метода получения заготовки (299 р.) [18];

M_0 – масса отходов материала, кг; C_0 – цена 1 кг отходов, р;

$C_{\text{з.ч.}}$ – средняя часовая заработная плата основных рабочих по тарифу, руб./чел.-ч.;

$T_{\text{ш-к}}$ – штучно-калькуляционное время черновой обработки заготовки, ч. ($T_{\text{ш-к}}$ определено приблизительно по методике описанной в учебном пособии Т. А. Козловой [15]), для штамповки $T_{\text{ш-к}} = 0,63$ ч; для поковки $T_{\text{ш-к}} = 0,72$);

$C_{\text{ц}}$ – цеховые накладные расходы (для механического цеха могут быть приняты 80...100 %) [15].

При ковке в открытом штампе стоимость заготовки равна:

$$C_3 = 3,27 \times 299 - 1,3 \times 118 + 0,578 \times 0,72 \times \left(1 + \frac{90}{100}\right) = 825 \text{ р.}$$

При штамповке на прессах стоимость заготовки равна:

$$C_3 = 2,25 \times 299 - 0,28 \times 118 + 0,578 \times 0,63 \times \left(1 + \frac{90}{100}\right) = 640 \text{ р.}$$

Сравнительный расчёт стоимости заготовок приведен в табл. 7.

Таблица 7 - Сравнение стоимости штамповки и поковки

Общие исходные данные	Наименования показателей	Штамповка на прессах	Ковка в открытом штампе
Масса детали – 1,97 кг; Материал детали – АМг6 ГОСТ 4784-74; Годовая программа – 4000 Количество деталей в партии для одновременного запуска – 95 Тип производства – Среднесерийное	Вид заготовки	Штамповка	Поковка
	Класс точности	T5	T5
	Степень сложности	C3	C2
	Группа стали	M1	M1
	Исходный индекс	15	14
	Масса заготовки, кг	2,25	3,27
	Стоимость 1 т заготовок, р	299	299
	Стоимость 1 т стружки, р	118	118
	Коэффициент использования материала	0,88	0,60

Обработка рассматриваемых заготовок может осуществляться при одном и том же ТП, поэтому можно рассчитать экономический эффект по формуле:

$$\mathcal{E}_3 = (C_{31} - C_{32}) \times N,$$

где C_{31} , C_{32} – стоимость сопоставляемых заготовок, р; N – годовая программа, шт.

$$\mathcal{E}_3 = (825 - 640) \times 4000 = 740.000 \text{ р.}$$

Исходя из вышеописанного в качестве метода получения заготовки на основе экономического обоснования принимаю штамповку, т. к. для нее характерен более высокий коэффициент использования материала, а стоимость изготовления ниже. Экономический эффект при выбранном способе получения заготовки и данной годовой программе оказался довольно существенным.

2.1.3. Выбор технологических баз

Выбор технологических баз в значительной степени определяет точность линейных размеров относительного положения поверхностей,

получаемых в процессе обработки, выбор режущих и измерительных инструментов, станочных приспособлений, производительность обработки.

Основные принципы, которыми целесообразно руководствоваться при выборе технологических баз следующие [29]:

- принцип совмещения баз, когда в качестве технологических баз принимаются основные базы, т.е. конструкторские базы, используемые для определения положения детали в изделии. В случае несовпадения технологических и конструкторских баз возникает необходимость пересчета допусков, заданных конструктором, в сторону их уменьшения;
- принцип постоянства баз, когда на всех основных операциях используют одни и те же базы. Для соблюдения этого принципа часто создают базы, не имеющие конструктивного назначения (например, центровые гнезда у валов и т.п.);
- базы должны обеспечивать хорошую устойчивость и надежность установки заготовки.

Базы, используемые для первой операции, называются черновыми базами. При их выборе необходимо учитывать следующие требования [29]:

1. Черновая база должна быть характерной для данной детали поверхностью, т.е. занимать возможно более определенное положение относительно других поверхностей детали.

2. Для повышения точности базирования и надежности закрепления заготовки в приспособлении черновая база должна иметь достаточные размеры, возможно более высокую степень точности (правильность и постоянство формы и взаимного расположения баз у различных заготовок) и наименьшую шероховатость поверхности.

3. В качестве черновых баз не следует использовать поверхности, на которых расположены в отливках прибыли и литники, а также швы, возникшие в местах разъемов опок и пресс-форм в отливках под давлением и штампов в поковках и штамповках. Поверхности, находящиеся при формовке

внизу, в качестве баз обычно предпочтительнее верхних поверхностей, т. к. последние имеют более рыхлое строение и большое количество раковин.

4. Черновая база должна обеспечивать при закреплении устойчивое положение детали при отсутствии ее деформации.

5. В связи с тем, что точность необработанных поверхностей, применяемых в качестве черновых баз, всегда ниже точности обработанных поверхностей, а шероховатость выше шероховатости обработанных поверхностей, «черновая база» должна использоваться при обработке заготовки только один раз при выполнении первой операции. При всех последующих операциях используют уже обработанные базы.

На первой технологической операции ведется обработка поверхности 3 (рисунок 1). Базами для этой операции являются (рисунок 3):

- Поверхность А – установочная база, лишает заготовку 3 степеней свободы (1 перемещения и 2 вращений);
- Поверхность Б – направляющая база, лишает заготовку 2 степеней свободы (1 перемещения и 1 вращения);
- Поверхность В – опорная база, лишает заготовку 1 степени свободы (1 перемещения).

Таким образом осуществляется полное базирование. Соблюдается принцип совмещения баз.



Рисунок 3 – Схема базирования 010 операции

Базы на промежуточных операциях (между первой и последней операциями) выбирают с учетом следующих соображений [23]:

1. Используют принцип «кратчайших путей», согласно которому в качестве технологических баз принимают те поверхности, которые связаны с обрабатываемой поверхностью кратчайшей размерной цепью.

2. Не меняют без оснований базы, т.к. переход от одной базы к другой всегда вносит дополнительную ошибку во взаимное расположение поверхностей, обработанных на первой и второй базах. Эта ошибка равна погрешности во взаимном расположении баз.

3. Переходят при смене баз от менее точной к более точной базе, т.к. обработка детали на каждом предшествующем этапе подготавливает ее к обработке на последующих этапах, учитывая, что при переходе от одного этапа к другому должны повышаться не только точность размеров и формы, но и точность взаимного расположения.

4. После термообработки выбирают базы, играющие роль черновых баз. Используя их, вводят новые обработанные базы, которыми пользовались ранее. При исправлении базы восстанавливать базирование необходимо таким образом, чтобы новые базы были связаны со старыми более строгими размерами и соотношениями, в противном случае нарушится вся достигнутая ранее координация поверхностей, что повлечет за собой увеличение операционных припусков [29].

Базами для операции 015 установ А являются (рисунок 4):

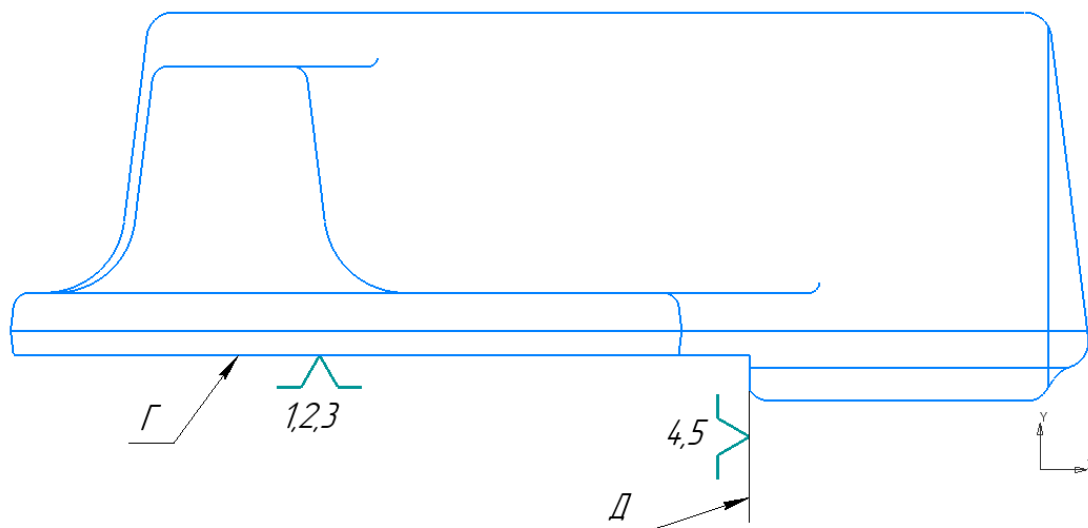


Рисунок 4 – Схема базирования установ А операции 015

- Поверхность Γ – установочная база, лишает заготовку 3 степеней свободы (1 перемещения и 2 вращений);
- Поверхность D – направляющая база, лишает заготовку 2 степени свободы (2 перемещения).

Таким образом осуществляется неполное базирование. Принципы базирования не соблюдаются

Базами для установа Б операций 015 являются (рисунок 5):

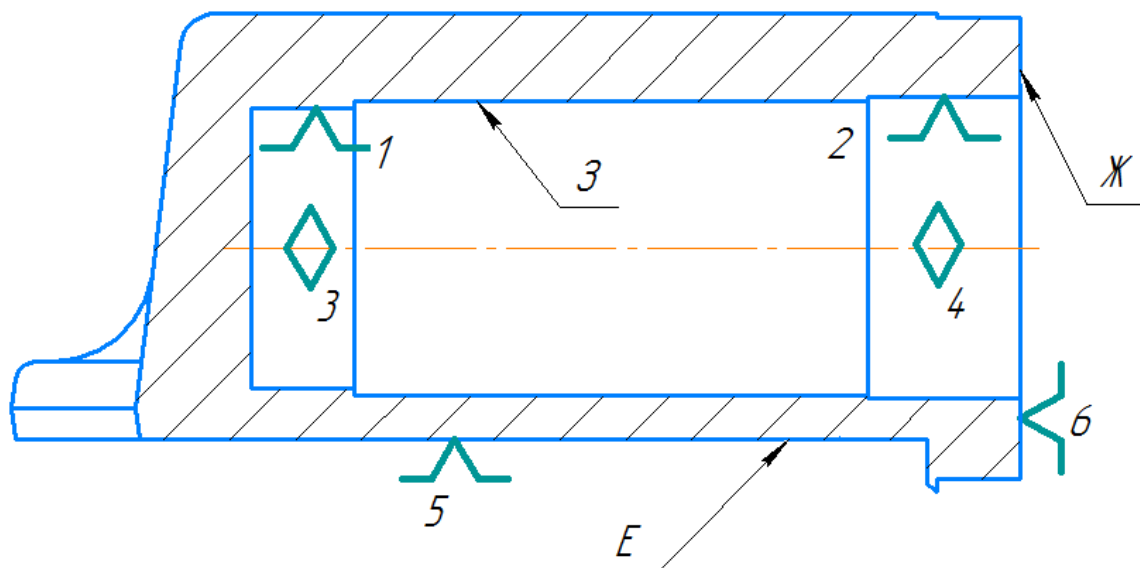


Рисунок 5 – Технологические базы для установа Б операции 015

- Поверхность E – опорная база, лишает заготовку 1 степени свободы (1 перемещения);

- Поверхность Ж – опорная база, лишает заготовку 1 степени свободы (1 перемещения);
- Поверхность З – двойная направляющая база, лишает заготовку 4 степеней свободы (2 перемещений и 2 вращений).

В этом случае осуществляется полное базирование. Соблюдаются принципы единства и совмещения баз.

Таким образом при обработке детали «Корпус» базы выбраны оптимально, т. к. соблюдается принцип единства баз и принцип совмещения баз.

2.1.4. Выбор методов обработки поверхностей

Выбор методов обработки поверхностей осуществляю с помощью таблиц средней экономической точности при различных методах обработки и руководствуясь следующими рекомендациями [15]:

- Обработка поверхностей может выполняться в один или несколько переходов, на каждом из которых используется свой метод обработки;
- Если заготовка имеет высокую точность, то в ряде случаев обработку можно начинать с чистовых методов;
- В тех случаях, когда к точности размеров, связывающих поверхности детали, к качеству этих поверхностей не предъявляется высоких требований, можно ограничиться однократной получистовой и даже черновой обработкой;
- Каждый последующий метод обработки одной элементарной поверхности должен быть точнее предыдущего;
- Точность на каждом последующем переходе обработки обычно повышается на черновых переходах на один-три квалитета, на чистовых – на один-два квалитета по точности размера;

- При сочетании нескольких методов обработки определенной поверхности с различным числом переходов, предпочитается выбирать методы, содержащие наименьшее количество переходов;
- Следует стремиться к тому, чтобы повторяемость методов обработки была максимальной.

Составляю возможные варианты методы обработки поверхностей (таблица 8):

Таблица 8 - Предлагаемые методы обработки поверхностей

№ пов.	Вид поверхности	Квалитет точности	Шероховатость конечная Ra, мкм	Вариант		
				Первый*	Второй	Третий
1	2	3	4	5	6	7
1	внутр. цилинд.	13	6,3	Сверление		
2	плоскость	14	6,3	Фрезерование черновое		
3	плоскость	14	2,5	Фрезерование однократное	Фрезерование черновое Шлифование однократное	Фрезерован ие черновое Фрезерован ие чистовое
4	плоскость	14	6,3	Фрезерование черновое		
5	плоскость	13	6,3	Фрезерование черновое		
6	плоскость	14	6,3	Фрезерование черновое		
7	плоскость	14	6,3	Фрезерование черновое		
8	резьбовая	6Н	6,3	Резьбонарезание метчиками		Резьбонарез ание вращающи мися резцами
9	плоскость	12	2,5	Фрезерование черновое	Фрезерование черновое Шлифование однократное	Фрезерован ие черновое Фрезерован ие

						получистов ое
10	наруж. цилинд.	11	6,3	Обтачивание предварительное Обтачивание чистовое		
11	плоскость	13	6,3	Сверление Двукратное растачивание		
12	внутр. цилинд.	11	6,3	Сверление Двукратное растачивание	Сверление Зенкерование	
13	внутр. цилинд.	9	2,5	Сверление Двукратное растачивание	Сверление Зенкерование Развертывани е	Сверление Растачиван ие развертыва ние
15	внутр. цилинд.	11	6,3	Сверление Двукратное растачивание		

Продолжение таблицы 8 – Предлагаемые методы обработки

1	2	3	4	5	6	7
16	плоскость	12	3,2	Фрезерование черновое	Фрезерование черновое Растачивание	Фрезерован ие черновое Фрезерован ие получистов ое
17	наруж. цилинд.	13	6,3	Обтачивание однократное		
19	плоскость	12	3,2	Фрезерование черновое	Фрезерование черновое Растачивание	Фрезерован ие черновое Фрезерован ие получистов ое
21	внутр. цилинд.	13	6,3	Сверление Растачивание		
22	плоскость	13	12,5	Сверление Растачивание		
23	плоскость	13	6,3	Сверление Растачивание		
25	плоскость	14	6,3	Фрезерование черновое		
26	плоскость	14	6,3	Фрезерование черновое		
27	плоскость	14	6,3	Фрезерование черновое		
28	плоскость	13	6,3	Фрезерование черновое		
29	резьбовая	6Н	6,3	Резьбонарезание метчиками	Резьбонарезание вращающимися резцами	

30	плоскость	14	6,3	Фрезерование черновое	
31	плоскость	14	6,3	Фрезерование черновое	
32	плоскость	14	6,3	Фрезерование черновое	
33	плоскость	14	6,3	Обтачивание однократное	
34	плоскость	14	6,3	Обтачивание однократное	
35	плоскость	14	6,3	Фрезерование черновое	
36	внутр. цилинд.	13	12,5	Сверление	
37	плоскость	12	6,3	Фрезерование черновое	Обтачивание однократное
38	плоскость	12	6,3	Фрезерование черновое	Обтачивание однократное
39	плоскость	14	6,3	Фрезерование черновое	
40	плоскость	14	6,3	Фрезерование черновое	
41	плоскость	14	3,2	Фрезерование черновое	Фрезерование получистовое
42	плоскость	14	3,2	Фрезерование черновое	Фрезерование получистовое
43	плоскость	14	6,3	Фрезерование черновое	
44	плоскость	14	6,3	Фрезерование черновое	
45	плоскость	14	6,3	Фрезерование черновое	

Окончание таблицы 8 – Предлагаемые методы обработки

1	2	3	4	5	6	7
46	плоскость	14	3,2	Фрезерование черновое	Фрезерование получистовое	
47	плоскость	14	3,2	Фрезерование черновое	Фрезерование получистовое	
48	плоскость	14	6,3	Фрезерование черновое		
49	плоскость	14	6,3	Фрезерование черновое		
50	внутр. цилинд.	13	6,3	Сверление Растачивание	Сверление Рассверливан ие	Сверление двукратное растачиван ие
51	внутр. конич.	13	6,3	Сверление Растачивание		
53	плоскость	14	6,3	Фрезерование черновое		
54	плоскость	14	3,2	Фрезерование черновое	Фрезерование получистовое	
55	внутр. цилинд.	13	12,5	Сверление		
56	внутр. конич.	14	2,5	Сверление Зенкование	Сверление Тонкое растачивание	Сверление Шлифовани е
57	внутр. цилинд.	14	2,5	Сверление Цекование	Сверление Развертывание	
58	плоскость	9	6,3	Сверление Цекование	Сверление Развертывание	
59	резьбовая	6Н	3,2	Резьбонарезание метчиками	Резьбонарезание вращающимися резцами	

62	внутр. конич.	14	2,5	Сверление Двукратное расточивание	Сверление Растачивание Шлифование однократное
64	резьбовая	6Н	6,3	Резьбонарезание метчиками	Резьбонарезание вращающимися резцами
65	внутр. конич.	14	6,3	Сверление Зенкование	
66	резьбовая	6Н	6,3	Резьбонарезание метчиками	Резьбонарезание вращающимися резцами
67	внутр. конич.	14	6,3	Сверление Зенкование	
68	внутр. конич.	14	6,3	Сверление Зенкование	
69	внутр. конич.	14	6,3	Сверление Зенкование	

Выбираю первый вариант обработки поверхностей с учетом описанных рекомендаций.

Таким образом, удалось подобрать операции так, что не требуется большой перечень разнообразного технологического оборудования, что положительным образом влияет на экономический эффект проектируемого технологического процесса.

2.1.5. Разработка технологического маршрута обработки детали

На этом этапе решаются следующие задачи: разрабатывается общий план обработки детали, уточняются методы обработки поверхностей детали и технологические базы, предварительно выбираются средства технологического оснащения, намечается содержание операций [29].

Разработанный технологический маршрут по указанным выше рекомендациям приведен в таблице 9. Обрабатываемые поверхности обозначены на рисунке 2.

Таблица 9 - Маршрут обработки детали «Корпус коробки присоединительной»

Название операции, оборудование	Краткое содержание операции	Обрабатываемые поверхности (рис. 2)
1	2	3
005 Контрольная Стол БТК	-	-
010 Вертикально-фрезерная	Фрезеровать поверхности	3, 14

6M12П		
015 Комплексная на ОЦ с ЧПУ (Установ А) Alzmetall GS-600/5FDT	Фрезеровать торец	33
	Фрезеровать поверхности	10, 35
	Сверлить отверстие	13
	Сверлить отверстие	13
	Зенкеровать отверстие	13
015 Комплексная на ОЦ с ЧПУ (Установ Б) Alzmetall GS-600/5FDT	Фрезеровать поверхности	2, 4
	Фрезеровать поверхности	32, 20, 24, 25, 26, 27, 28, 52
	Фрезеровать поверхности	3, 14
	Сверлить отверстие	50
	Фрезеровать отверстие	50
	Фрезеровать отверстие	51
	Фрезеровать отверстие	63
	Фрезеровать 2 канавки	9, 16, 19
	Фрезеровать канавку	37, 38
	Сверлить 2 отверстия	8
	Сверлить 4 отверстия	66
	Зенковать 2 фаски	69
	Зенковать 4 фаски	68
	Нарезать резьбу М6-6Н	8

Окончание таблицы 9 – Маршрут обработки детали «Корпус коробки присоединительной»

1	2	3
	Нарезать резьбу М8-6Н	66
	Фрезеровать поверхности	30, 31, 49
	Сверлить отверстие	59
	Сверлить отверстие	57
	Зенкеровать отверстие	57, 58
	Зенковать фаску	56
	Зенковать фаску	58
	Нарезать резьбу М8-6Н	59
	Фрезеровать 2 кармана	2, 5, 6, 43, 44, 42, 47, 39, 48
	Сверлить отверстие до выхода в отверстие диаметром 8 мм	1
	Фрезеровать поверхности	41, 46
	Сверлить 2 отверстия	29
	Зенковать 2 фаски	67
	Нарезать резьбу М14-6Н в 2 отверстиях	29
020 Токарная с ЧПУ (DMG MORI CTX beta 800)	Расточить отверстие	21, 22, 23
	Расточить поверхность	13, 62, 12, 61, 70
	Расточить канавку	11, 15, 24
	Точить канавку	34, 17
	Фрезеровать пазы	24, 53, 54
	Сверлить 2 отверстия под резьбу	64
	Зенковать 2 фаски	65

	Нарезать резьбу М6-6Н в 2 отверстиях	64
025 Слесарная Верстак	-	-
030 Маркировочная Верстак	-	-
035 Промывочная Ванна	-	-
040 Контрольная Стол БТК	-	-
045 Гальваническая	-	-

Составленный технологический маршрут механической обработки является наиболее оптимальным. На 010 операции подготавливаются технологические базы, поэтому целесообразно использовать универсальное оборудование. На 015 и 020 операциях обрабатываются все поверхности детали начисто, в связи с этим применяются токарный станок и ОЦ с ЧПУ.

2.1.6. Выбор средств технологического оснащения

Выбор металлорежущего оборудования:

От правильности выбора металлорежущего оборудования во многом зависит точность и качество изготовления деталей, а также их себестоимость.

Определяющими критериями для выбора станков являются методы обработки, которые необходимо реализовать, требуемая точность размеров и формы детали, габаритные размеры заготовки, необходимое качество обработки поверхностей, тип производства, требуемая мощность резания, простота и удобство эксплуатации оборудования.

На первых операциях для подготовки технологических баз имеет смысл использовать универсальные станки. В проектируемом технологическом процессе для подготовки баз используется вертикально-фрезерный станок 6М12П (рисунок 6).

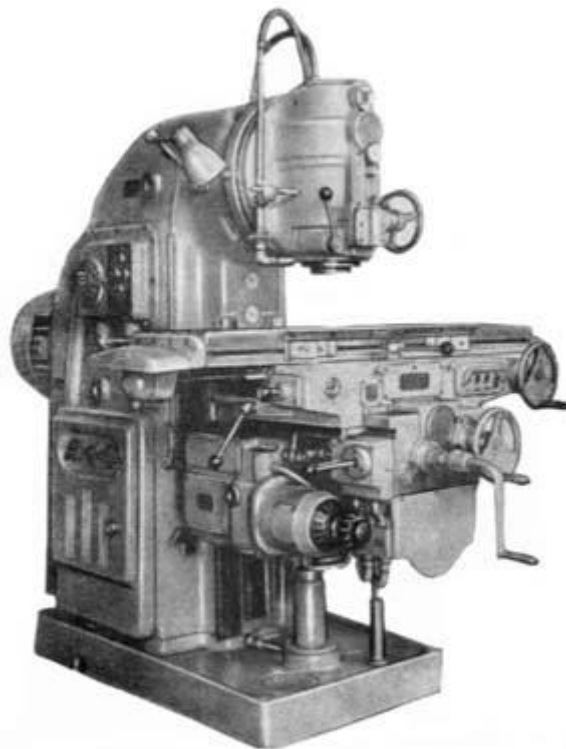


Рисунок 6 - Вертикально-фрезерный станок 6М12П

Станки предназначены для фрезерования всевозможных деталей из стали, чугуна и цветных металлов торцевыми, цилиндрическими, концевыми, радиусными фрезами в условиях индивидуального и серийного производства. Наиболее эффективное использование станка достигается при обработке деталей методом скоростного фрезерования. Класс точности станков Н [12].

Технические характеристики станка 6М12П приведены в таблице 10:

Таблица 10 - Характеристики 6М12П

Рабочий стол	
Размеры поверхности стола, мм	1250x320
Наибольший ход стола X,Y,Z, мм	700, 260, 370
Пределы продольных и поперечных подач стола (X, Y), мм/мин	25...1250
Пределы вертикальных подач стола (Z), мм/мин	8,3...416,6
Шпиндель	
Мощность привода главного движения, кВт	7,5
Частота вращения шпинделя, об/мин	31,5...1600
Конус фрезерного шпинделя	№3
Остальные	
Габариты станка, мм	2395x1745x2000
Масса станка, кг	3000

В рамках среднесерийного производства целесообразно использовать станки и обрабатывающие центры с ЧПУ. Станки с ЧПУ целесообразно применять [29]:

- для трудоемких операций;
- при производстве сложных деталей малыми партиями;
- при обработке деталей с большим количеством размеров, имеющих высокие требования к точности;
- при обработке деталей, требующих строгого контроля точности изготовления оснастки;
- когда стоимость оснастки составляет значительную часть стоимости обработки и т. д.

Многие из вышеперечисленных параметров характерны для обработки рассматриваемой детали, поэтому предлагается в проектируемом технологическом процессе использовать многоцелевой обрабатывающий центр (ОЦ) с ЧПУ «ALZMETALL GS 600/5-FDT» (рисунок 7).



Рисунок 7 - ОЦ с ЧПУ «Alzmetall GS-600/5-FDT»

Внутреннее устройство ОЦ представлено на рисунке 8:

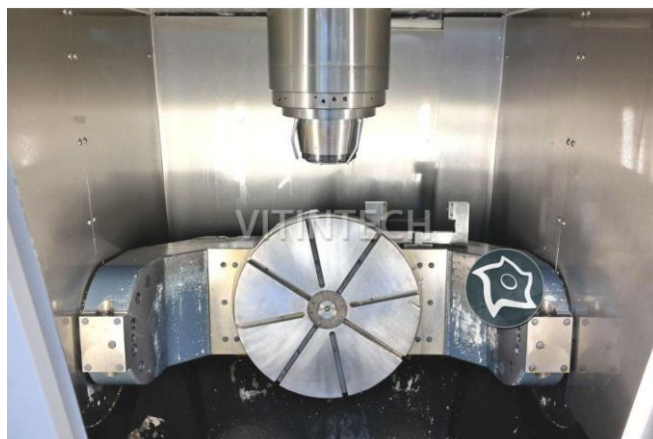


Рисунок 8 - Внутреннее устройство GS-600/5-FDT

Особенностями данного станка по сравнению с предыдущими поколениями станков:

1. Многофункциональность — реализация основных методов обработки заготовок резанием, в т. ч. шлифование;
2. Смена инструмента представлена системой «Pick-up»;
3. Реализация условий по увеличению срока службы инструмента;
4. Сниженная масса станка;
5. Достижение максимальных динамических характеристик;
6. Увеличенная грузоподъемность поворотного стола.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ДП 44.03.04.185.ПЗ

Лист
36

Кроме того, следует выделить то, что производитель заверяет о максимальной общей жесткости станка, проверенной методом конечных элементов. В основе ОЦ лежит специальная запатентованная конструкция с подвижным порталом «ASGK» (рисунок 9), ходовая часть реализована системой «Box-in-Box». Использование представленной конструкции позволяет получить двоярный привод каждой оси, а также температурную стабильность благодаря геометрической симметрии с термо-симметричным главным шпинделем. В результате достигается [12]:

- Высокая жесткость по всем осям;
- Максимальные динамические характеристики;
- Высокая точность при температурных колебаниях, перемещениях на высоких скоростях и больших силах реакций
- Отклонения и смещения ниже в несколько раз;
- В несколько раз большая жесткость по сравнению с «опорными» системами;
- Увеличение срока службы инструмента.

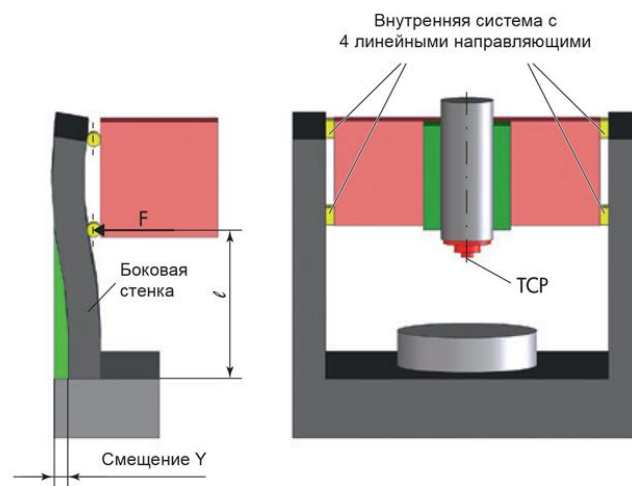


Рисунок 9 - Портал «ASGK»

Нельзя не отметить наличие в станке специальной конструкции узла вращения (ось C) и наклона стола (Ось A) представленной на рисунке 10:



Рисунок 10 - Конструкция рабочего стола

Преимуществами реализации данной конструкции стали [12]:

- Отсутствие трения на компонентах привода;
- Высокие точности станка;
- Отсутствие «мертвых» ходов;
- Максимальные скорости поворота и вращения при исключительном качестве регулирования;
- Отсутствие износа и необходимости технического обслуживания на протяжении всего срока службы.

ОЦ обладает внушительными техническими характеристиками (таблица 11) [12]:

Таблица 11 - Технические характеристики Alzmetall GS-600/5-FDT

Рабочий диапазон	
1	2
Перемещение по осям X/Y/Z, мм	460 / 600 / 400
Расстояние от шпинделя до стола, мин/макс., мм	150 / 550
4-ая и 5-ая оси (интегрированные)	
Рабочая площадь стола (круглый стол), мм	ø 320 [400 x 400]
Т-образные пазы по DIN 650, 4 шт.	4 x 14 H12
Расположение радиальное [параллельное], град.	4 x 90 [5 x параллельно]
Максимальная нагрузка стола, кг	500
Окружность поворота вокруг С на центре А-оси, мм	Ø 640
Окружность поворота вокруг А на центре Х-оси, мм	Ø 800
Поворотный стол С-оси под центром А-оси, мм	100
Диапазон поворота А-оси, град.	± 140
Диапазон вращения А-оси, град.	360
Максимальная частота вращения, об/мин	1200
Приводы подачи по осям X, Y, Z	
Цифровые АС сервоприводы	-

Окончание таблицы 11 - Технические характеристики Alzmetall GS-600/5-FDT

1	2
Макс. скорость ускорения по осям X,Y, Z, м/мин	60
Усилие подачи по осям X,Y,Z при ПВ 40%, кН	4 - 5 - 5
Привод шпинделя	
Высокочастотный мотор-шпиндель	-
Зажим инструмента, Конус ИСО	HSK-T63, DIN 69 893
Макс. мощность привода при ПВ 25%, кВт	13
Диапазон чисел оборотов, бесступенчатый, об/мин	10000
Крутящий момент при ПВ 25%, Нм	80
Инструментальный магазин	
Ёмкость, шт	40 [76] [224]
Диаметр инструмента при полном оснащении, макс., мм	80
Диаметр инструмента при наличии свободных соседних гнезд, макс., мм	130
Макс. длина инструмента, мм	300
Макс. масса инструмента, кг	4
Время смены инструмента приблизительно, сек	2
Измерительная система X-Y-Z	Прямая
Линейные инкрементные кодовые датчики X-Y-Z	Прямая
Точность позиционирования Tr по VDI/DGQ3441 (DIN ISO 230-2), мм	<=0,007
Система измерения углов четвёртой/пятой оси	Прямая
Масса станка, приблиз., кг	6800
Система управления с ЧПУ - Siemens 840D sl	

Таким образом, ОЦ «ALZMETALL GS 600/5-FDT» является современным, производительным оборудованием, которое решает большой круг задач по обработке материалов резанием. Исходя из особенностей и технических характеристик, можно сделать заключение о том, что ОЦ подходит для изготовления детали «Корпус», поэтому выбираю его для разработки технологического процесса.

Изготовление детали требует токарной обработки, для этого выбираю токарно-фрезерный станок с ЧПУ DMG MORI CTX beta 800 TC. Станок обладает высокоточным токарно-фрезерным шпинделем и противошпинделем, что позволяет вести обработку осевым инструментом. Технические характеристики станка приведены таблице 12 [1]:

Таблица 12 - Технические характеристики DMG MORI CTX beta 800

Рабочая зона	
Максимальный диаметр точения, мм	500
Максимальная длина точения, мм	800
Максимальное расстояние от главного шпинделя до задней бабки (без патрона)	1020
Главный шпиндель	
Встроенный мотор-шпиндель с осью С (0,0001°), об/мин	6000
Мощность (длительность включения 100 %), кВт	35
Крутящий момент (длительность включения 100 %), Нм	580
Максимальный внутренний диаметр зажимной втулки, мм	102
Противошпиндель	
Встроенный мотор-шпиндель с осью С (0,0001°), об/мин	6000
Мощность (длительность включения 100 %), кВт	12
Крутящий момент (длительность включения 100 %), Нм	170
Токарно-фрезерный шпиндель	
Максимальная частота вращения, об/мин	20000
Крутящий момент (длительность включения 100 %), Нм	87
Ось В	
Диапазон перемещения оси В, °	220
Инструментальный магазин	
Максимальное количество позиций инструмента	80
Максимальный диаметр инструмента, мм	120
Верхний суппорт для токарно-фрезерного шпинделя	
Ход по осям X/Y/ Z	480/±100/845
Ускоренный ход по осям X/Y/ Z, м/мин	36/40/40

Выбор металлорежущего инструмента:

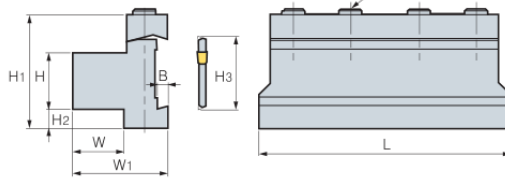
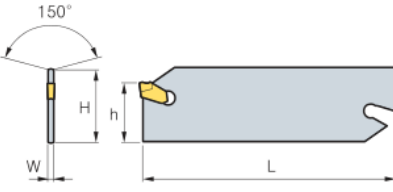
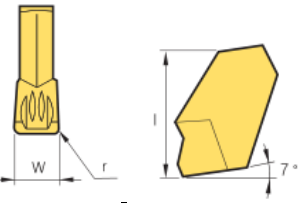

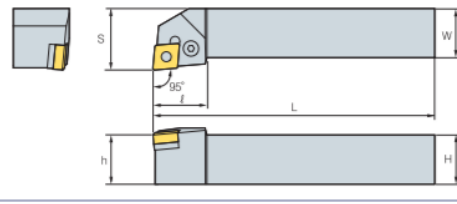

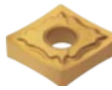
Режущий инструмент выбирают с учетом:

- максимального применения нормализованного и стандартного инструмента;
- метода обработки;
- размеров обрабатываемых поверхностей;
- точности обработки и качества поверхности;
- промежуточных размеров и допусков на эти размеры;
- обрабатываемого материала;
- стойкости инструмента, его режущих свойств и прочности;
- стадии обработки (черновая, чистовая, отделочная);
- типа производства.



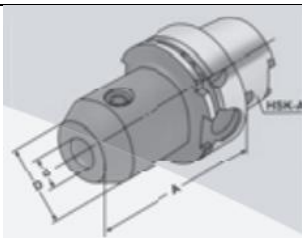
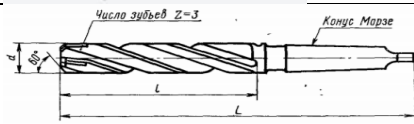
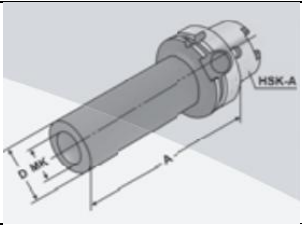
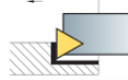
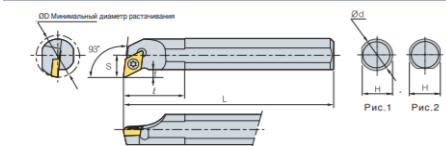
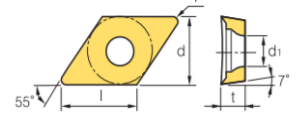
Таблица 13 - Применяемый режущий инструмент и вспомогательная оснастка

					ДП 44.03.04.185.ПЗ	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

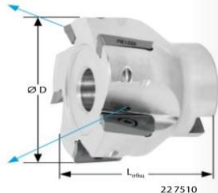

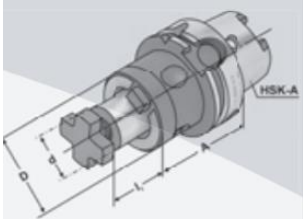

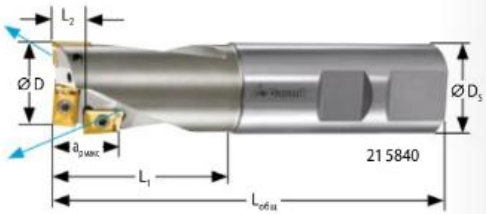

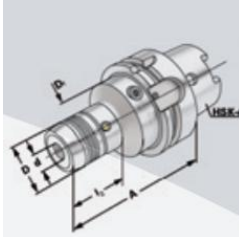
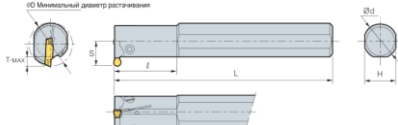
Продолжение таблицы 13 - Применяемый режущий инструмент и
вспомогательная оснастка

1	2	3
Блок KORLOY SMBB 2532	Инструмент серии Saw-man Посадочный размер Н – 25 мм Посадочный размер W – 23 мм Высота разреза под касету – 32 мм Ширина размера под касету – 5,3 мм	
Касета KORLOY SPB 332	Высота касеты Н – 32 мм Ширина касеты W – 2,4 мм Длина касеты L – 150 мм Расстояние от опорной поверхности до вершины СМП h – 25 мм	
Пластина KORLOY SP 300 H01	Угол в плане 0° Ширина пластины 3,1 мм Радиус скругления 0,2 мм Задний угол 7° Твердый сплав без покрытия H01	
Державка KORLOY PCLNR 2525- M12	Система крепления Р – прижим рычагом через отверстие Форма СМП С – ромб 80° Тип державки по углу в плане L – 95° Задний угол СМП N – 0°  Исполнение R – Высота державки – 25 мм Ширина державки – 25 мм Длина державки М – 150 мм Длина режущей кромки – 12 мм	
Пластина KORLOY CNMG 120408- HA H01	Твердый сплав без покрытия – H01 Стружколом – HA Угол при вершине – 80 град. Задний угол – 0 град. Номинальная длина режущей кромки – 12,70 мм Высота СМП – 4,76 мм Радиус при вершине – 0,8 мм  Тип СМП –	CNMG-HA 

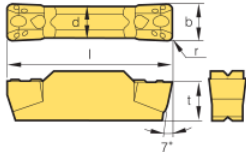
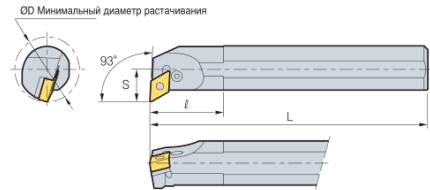

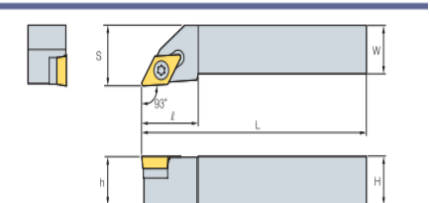
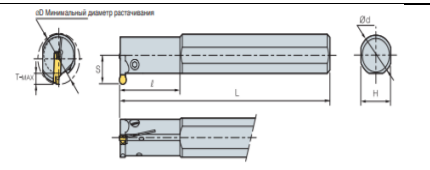
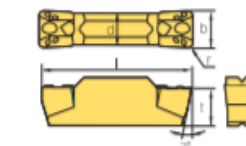
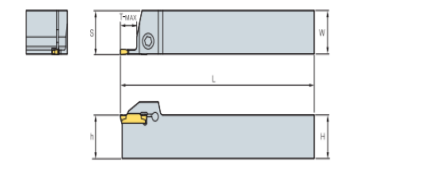

Продолжение таблицы 13 - Применяемый режущий инструмент и
вспомогательная оснастка

1	2	3
Корпус сверла Ø40 KOMET U11 84000	Длина рабочей части – 159 мм Длина хвостовика – 60 мм Диаметр хвостовика – 32 мм	
Пластина KOMET SOEX 120508 44-210 BK7710	Твердый сплав BK7710	
Оправка KEMMLER HSK- A/A63.04.32	Тип хвостовика HSK-A Посадочный диаметр 32 мм Длина корпусной части 110 мм Диаметр корпусной части 72 мм.	
Зенкер 2320- 2400 BK6 ГОСТ 3231-71	Диаметр зенкера – 42 мм Общая длина L – 282 мм Длина режущей части l – 140 мм Конус морзе 3 Число зубьев 3 Угол в плане 60°	
Оправка KEMMLER HSK- A/A63.08.03	Конус морзе – 3 Длина корпуса – 140 мм Диаметр отверстия – 40 мм	
Державка KORLOY S32S- SDUCR-11	Корпус державки S – из стали Диаметр державки – 32 мм Длина инструмента S – 250 мм Система крепления инструмента S – прижим винтом Форма СМП D – ромб 55° Угол в плане U – 93° Задний угол C – 7° Исполнение R –  Длина режущей кромки – 11 мм	
Пластина KORLOY DCGT11T304- AK H01	Стружколом – АК Твердый сплав – H01	

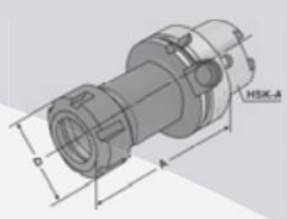
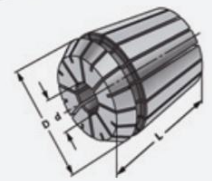

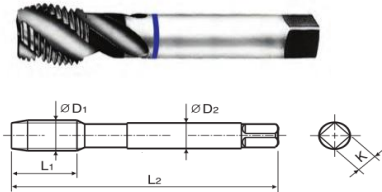
Продолжение таблицы 13 - Применяемый режущий инструмент и
вспомогательная оснастка

1	2	3
Фреза KYOCERA MEC17 50/4	Диаметр фрезы 50 мм Посадочное отверстие – 22 мм Число зубьев – 4	
Пластина KYOCERA BDGT 170404 FR-JA ALU	Параметры согласно ISO	
Оправка KEMMLER HSK- A/A63.10.22	Тип хвостовика – HSK-A Посадочный диаметр – 22 мм Длина посадочной поверхности – 19 мм Длина корпусной части – 60 мм Диаметр корпусной части – 40 мм	
Сверло KOMET KUB Quatron 25	Общая длина L – 281 мм Длина режущей части l – 160 мм Конус морзе 3	
Фреза GARANT Softcut 20/2	Диаметр фрезы – 20 мм Число зубьев – 2 Количество СМП – 3 Длина рабочей части – 35 мм Максимальная глубина резания – 17 мм	
Пластина GARANT APET 133504 FR ALU	Параметры согласно ISO	
Патрон гидропластовый Kemmler A63.H20	Диаметр отверстия – 20 мм	
Державка KORLOY MGIVL 3732-8	Минимальный диаметр расточивания – 37 мм Диаметр державки – 32 мм	

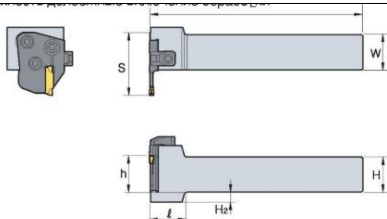
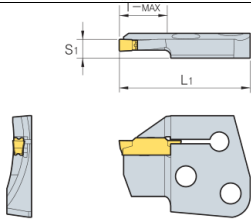
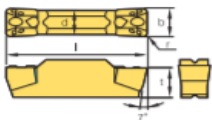
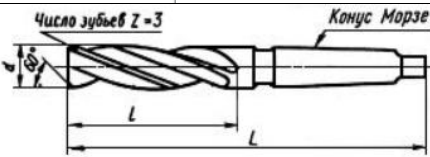
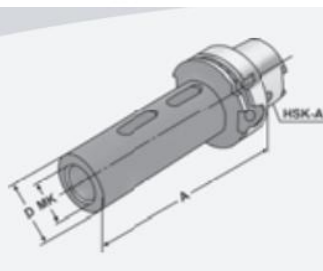



Продолжение таблицы 13 - Применяемый режущий инструмент и
вспомогательная оснастка

1	2	3
Пластина KORLOY MGMN 800-M H01	Сплав – H01 Ширина пластины – 8 мм	
Державка KORLOY S32S- PDUNL-15	Параметры согласно ISO	
Пластина KORLOY DNMG 150604- HA H01	Параметры согласно ISO	DNMG-HA 
Державка KORLOY SDJCL 2525- M11	Высота державки – 25 мм Ширина державки – 25 мм	
Державка KORLOY MGIVL 2925-1.5	Минимальный диаметр расточивания – 29 мм Диаметр державки – 25 мм	
Пластина KORLOY MGMN 150-G H01	Ширина пластины – 1,5 мм Твердый сплав без покрытия – H01	
Державка MGEHL 2525- 1.5	Высота державки – 25 мм Ширина державки – 25 мм	
Фреза GARANT MTC DLC 4,5	Диаметр фрезы 4,5 мм Твердый сплав – VHM	
Фреза GARANT MTC DLC 3,5	Диаметр фрезы 3,5 мм Твердый сплав – VHM	

Продолжение таблицы 13 - Применяемый режущий инструмент и
вспомогательная оснастка

1	2	3
Патрон цанговый KEMMLER A63.02.20	Длина корпуса – 100 мм Диаметр корпуса – 50 мм	
Цанга 470E-05	Диаметр отверстия для инструмента – 4,0...5,0 мм	
Цанга 470E-04	Диаметр отверстия для инструмента – 3,0...4,0 мм	
Цанга 470E-06	Диаметр отверстия для инструмента – 5,0...6,0 мм	
Цанга 470E-07	Диаметр отверстия для инструмента – 6,0...7,0 мм	
Цанга 470E-10	Диаметр отверстия для инструмента – 9,0...10,0 мм	
Цанга 470E-12	Диаметр отверстия для инструмента – 11,0...12,0 мм	
Цанга 470E-02	Диаметр отверстия для инструмента – 1,5...2,0 мм	
Сверло GARANT 12 2250 5	Диаметр сверла – 5 мм Твердый сплав – VHM	
Сверло GARANT 12 2250 7	Диаметр сверла – 7 мм Твердый сплав – VHM	
Сверло GARANT 12 2250 12	Диаметр сверла – 12 мм Твердый сплав – VHM	
Сверло GARANT 12 2250 6,8	Диаметр сверла – 6,8 мм Твердый сплав – VHM	
Сверло GARANT 12 2250 1,6	Диаметр сверла – 1,6 мм Твердый сплав – VHM	
Сверло GARANT 12 2250 2	Диаметр сверла – 2 мм Твердый сплав – VHM	
Метчик YG-1 M6x1 TC163316	Материал – HSS-E Группа обрабатываемого материала – алюминий Квалитет точности – 6H	
Метчик YG-1 M14x2 TC163546		
Метчик YG-1 M8x1,25 TC163366		

Продолжение таблицы 13 - Применяемый режущий инструмент и
вспомогательная оснастка

1	2	3
Метчик YG-1 M8x1 TC963376		
Державка KORLOY MCVR 2525	Ширина державки – 25 мм Высота державки – 25 мм	
Касета KORLOY MCFR 4-60/120- T16	Максимальная глубина резания – 16 мм	
Пластина KORLOY MGMN 400-M H01	Ширина пластины – 4 мм Радиус скругления режущей кромки – 0,4 мм Твердый сплав – H01	
Зенкер Ø 13.75 2323-0514 BK6 ГОСТ 12489-71	Диаметр инструмента – 13,75 мм Длина режущей части – 108 мм Конус морзе – 1 Число зубьев – 3	
Оправка Kemmler HSK- A63/KM1 A63.07.01	Длина корпуса – 100 мм Диаметр корпуса – 25 мм Конус морзе – 1	
Зенковка GARANT 150820 20	Угол при вершине – 60° Материал – HSS Наружный диаметр – 20 мм Число зубьев – 3	
Зенковка GARANT 150150 30	Угол при вершине – 90° Материал – HSS Наружный диаметр – 31 мм Число зубьев – 3	
Фреза GARANT R0,5 20 8170-0,5	Диаметр – 8 мм Материал – VHM Радиус – 0,2 мм	

Окончание таблицы 13 - Применяемый режущий инструмент и вспомогательная оснастка

1	2	3
Патрон резьбонарезной KEMMLER A63.16.20	Размер метчиков М5...М22	
Вставка KEMMLER 16.12.6649	Размер метчика – М6	
Вставка KEMMLER 16.12.88	Размер метчика – М8	
Вставка KEMMLER 16.12.1411	Размер метчика – М14	
Резцедержатель радиальный KEMMLER A259.33.16	Хвостовик HSK-A Максимальная высота державки – 32 мм	

Средства технического контроля выбирают с учетом точности измерений, достоверности контроля, его стоимости и трудоемкости, требований техники безопасности и удобства работы.

В качестве средств технического контроля выбираются следующие средства (табл. 14):

Таблица 14 – Средства технического контроля

Наименование	Стандарт (ГОСТ)
1	2
Штангенциркуль ШЦ-I-0-250-0,1	166-89
Штангенглубиномер ШГ 0-160-0,05	162-90
Штангенциркуль ШЦ-II-0-250-0,05	166-89
Калибр-пробка Ø42Н9 МН	14810-69
Шаблон 4x45°	-
Шаблон 15x45°	-
Шаблон R10	-
Шаблон R8	-

Окончание таблицы 14 - Средства технического контроля

1	2
Калибр-пробка Ø56H9 ПР	14812-69
Калибр-пробка Ø56H9 HE	14812-69
Нутромер 50-100	9244-75
Вкладыш 6+0,05	-
Микрометр МК50-75	6507-90
Калибр 1,9H14	-
Скоба Ø57-0,46	-
Пробка Ø52 ^{+0,104} _{+0,040}	-
Шаблон R0,5	-
Шаблон R1	-
Кольцо Ø52	-
Калибр 6H14	-
Калибр 5H11	-
Калибр 6+0,3	-
Пробка гладкая под резьбовое отверстие М6-6H (Ø4,95+0,20)6H	-
Пробка гладкая для контроля вн. диаметра резьбы М6-6H (Ø4,918+0,236)6H	-
Пробка резьбовая М6-6H	17758-52
Угломер 1-5'	5378-88
Шаблон 30°	-
Штангенрейсмас ШР-0-250-0,05	164-90
Пробка гладкая под резьбовое отверстие М14-6H (Ø11,90+0,30)6H	-
Пробка гладкая для контроля вн. диаметра резьбы М14-6H (Ø11,835+0,375)6H	-
Пробка резьбовая М14-6H	17758-52
Калибр-пробка Ø4H12	14810-69
Шаблон 2,2+0,1	-
Пробка гладкая под резьбовое отв. М8х1-6H (Ø6,95+0,20)6H	-
Штангенциркуль ШЦ-I-0-250-0,1	166-89
Калибр-пробка Ø2H13	14807-69
Пробка гладкая для контроля вн. диаметра резьбы М8х1-6H (Ø6,918+0,236)6H	-
Пробка резьбовая М8х1-6H	17758-52
Пробка гладкая под резьбовое отверстие М8-6H (Ø6,70+0,20)6H	-
Пробка гладкая для контроля вн. диаметра резьбы М8-6H (Ø6,647+0,265)6H	-
Пробка резьбовая М8-6H	17758-52
Пробка Ø14 ^{+0,073} _{+0,040}	-
Калибр-пробка Ø1,6H13	14807-69

В качестве технологической оснастки применяются высокопроизводительные режущие и мерительные инструменты, а также современное оборудование с программным управлением, что позволяет

изготовить большую партию деталей в срок и с минимальным расходом трудовых ресурсов.

2.2. Технологические расчеты

2.2.1. Расчет припусков на заготовку

При проектировании технологических процессов механической обработки заготовок необходимо установить оптимальные припуски, которые обеспечили бы заданную точность и качество обрабатываемых поверхностей, и экономию материальных ресурсов.

Припуски могут быть общие, операционные и промежуточные:

1. Промежуточный - припуск, удаляемый при выполнении одного технологического перехода.

2. Операционный - припуск, удаляемый при выполнении одной технологической операции.

3. Общий - припуск, который удаляют в процессе механической обработки поверхности для получения чертежных размеров и определяется разностью размеров исходной заготовки и детали. Общий припуск равен сумме операционных (промежуточных) припусков. На припуск устанавливают допуск.

Имеются два основных метода определения припусков на механическую обработку поверхности: расчетно-аналитический и опытно-статистический (табличный).

а) расчетно-аналитический метод определения припусков. При этом методе рассчитывают минимальный припуск на основе анализа факторов, влияющих на формирование припуска с использованием нормативных материалов.

б) опытно-статистический (табличный) метод расчета припусков. При этом методе припуски определяются по справочным данным.

С помощью расчетно-аналитического метода рассчитываю припуск на одну поверхность размером 90 (рисунок 11), на остальные поверхности – с помощью опытно-статистического. Отклонения на данный размер согласно ОСТ1 00022-80: верхнее 0 мм, нижнее -0,87 мм. Таким образом, размер $90_{-0,87}^0$ мм соответствует 11 качеству точности ($90h11(0_{-0,87})$ мм). Последовательность расчетов припуска на рассматриваемую поверхность приведена в таблице 15.

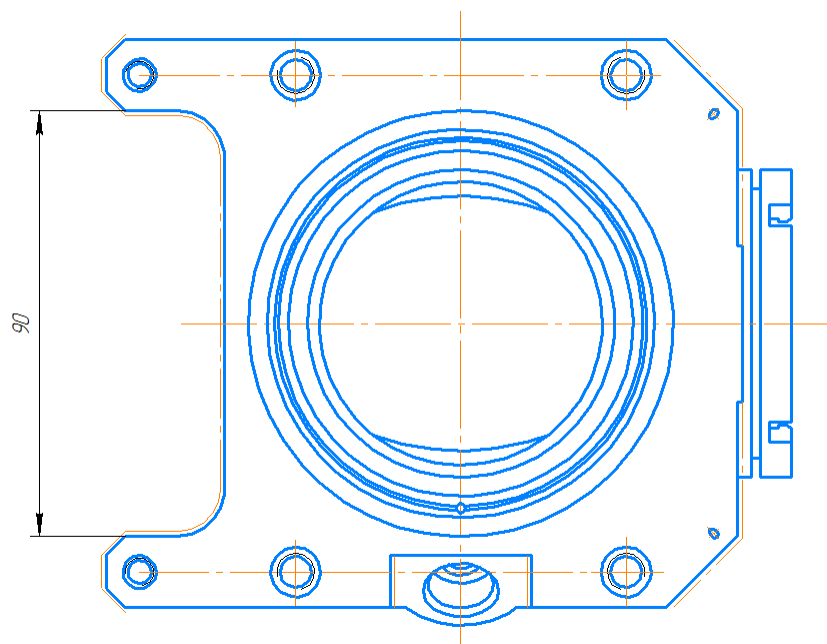


Рисунок 11 - Поверхность для определения припуска расчетно-аналитическим методом

Таблица 15 - Результаты расчета припуска на выбранную поверхность

Технологические переходы обработки поверхности	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $2Z_{min}$, мкм	Расчетный размер d_p , мм	Допуск δ , мм	Предельный размер, мм		Предельные значения припусков, мм	
	Rz	h	ρ	ϵ				D_{min}	D_{max}	$2Z_{min}^{np}$	$2Z_{max}^{np}$
Заготовка	160	200	523	-	-	88,032	3,2	84,8	88,0	-	-
Однократное фрезерование (11 качество)	125	120	32	101	883	90	0,87	89,13	90,0	2,0	4,33

Высота неровностей профиля поверхности Rz и глубина дефектного слоя h, при массе заготовки 2,25 кг – 160 и 200 мкм соответственно [26].

Высота неровностей профиля поверхности Rz и глубина дефектного слоя h, при фрезеровании по 11 качеству – 125 и 120 мкм соответственно [26].

Расчет пространственных отклонений осуществляю, согласно схеме приведенной в [5] по формуле:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{см}}^2},$$

где $\rho_{\text{кор}}$ – величина коробления поверхности;

$\rho_{\text{см}}$ – величина смещения поверхности.

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_k \times L,$$

где Δ_k – удельная кривизна заготовки ($0,8 \frac{\text{мкм}}{\text{мм}}$) [26];

L – наибольший размер заготовки.

$$\rho_{\text{см}} = \delta,$$

где δ – допускаемое отклонение изогнутости от плоскостности и прямолинейности ($\frac{\delta}{2} = 0,5 \text{ мм}$) [5].

$$\rho_{\text{кор}} = 0,8 \times 192 = 153,6 \text{ мкм.}$$

$$\rho_3 = \sqrt{153,6^2 + 500^2} = 523 \text{ мкм.}$$

Далее определяю остаточные пространственные отклонения на обработанных поверхностях определяю с помощью коэффициента уточнения по формуле [9]:

$$\rho_i = k_{yi} \times \rho_3,$$

где k_{yi} – коэффициент уточнения формы (при однократном фрезеровании $k_{y1} = 0,06$) [9].

$$\rho_1 = 0,06 \times 523 = 31,38 \text{ мкм,}$$

величину ρ_1 принимаю равной 32 мкм.

Рассчитываю погрешность установки заготовки для однократного фрезерования.

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_3^2 + \varepsilon_6^2},$$

где ε_3 – погрешность закрепления детали (принимаю 100 мкм) [5];

ε_6 – погрешность базирования детали.

Заготовка устанавливается на длинный палец (посадка H9/h8), поэтому погрешность базирования детали равна:

$$\varepsilon_6 = s_{min} + \delta_A + \delta_B,$$

где s_{min} – минимальный гарантированный зазор (0 мкм); δ_A – допуск на размер базового отверстия (62 мкм); δ_B – допуск на размер оправки (39 мкм).

$$\varepsilon_6 = 0 + 62 + 39 = 101 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_y = \sqrt{100^2 + 101^2} = 100 \text{ мкм} = 0,1 \text{ мм.}$$

Определяю минимальное значение припуска при однократном фрезеровании, по формуле для параллельной обработки противоположных поверхностей [9]:

$$2Z_{imin} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_{yi}).$$

$$2Z_{imin} = 2(160 + 200 + 523 + 101) = 2 \times 984 \text{ мкм.}$$

Далее определяю расчетный размер, начиная с конечного размера путем последовательного вычитания расчетного минимального припуска каждого технологического перехода:

$$D_{p1} = 90,00 \text{ мм;}$$

$$D_{pz} = 90,000 - 2 \times 0,984 = 88,032 \text{ мм;}$$

Нахожу допуски:

- на размер заготовки (размер 90 мм; исходный индекс 15) – $\delta_3 = 3,2 \text{ мм}$ [15].
- на размер, получаемый однократным фрезерованием – $\delta_3 = 0,87 \text{ мм}$ [26].

Наибольшие предельные размеры определяю округлением расчетных в сторону уменьшения до той же значащей цифры, что у допуска на размер для соответствующего перехода:

$$D_{max1} = 90,00 \text{ мм};$$

$$D_{max3} = 88,0 \text{ мм}.$$

Наименьшие предельные размеры получаю вычитанием допуска из округленного наибольшего предельного размера:

$$D_{min1} = 90,00 - 0,87 = 89,13 \text{ мм};$$

$$D_{min3} = 88,0 - 3,2 = 84,8 \text{ мм}.$$

Рассчитываю предельные значения припусков для наибольших предельных размеров по формуле:

$$2Z_{max i}^{пр} = D_{min i} - D_{min i-1};$$

$$2Z_{max 1}^{пр} = 89,13 - 84,80 = 4,33 \text{ мм}.$$

Рассчитываю предельные значения припусков для наименьших предельных размеров по формуле:

$$2Z_{min i}^{пр} = D_{max i} - D_{max i-1};$$

$$2Z_{min 1}^{пр} = 90,0 - 88,0 = 2,0 \text{ мм}.$$

Общие припуски равны:

$$2Z_{o min} = \sum Z_{i min};$$

$$2Z_{o max} = \sum Z_{i max}.$$

$$2Z_{o min} = 2,0 \text{ мм};$$

$$2Z_{o max} = 4,33 \text{ мм}.$$

Произвожу проверку правильности выполнения расчетов, согласно формуле:

$$2Z_{max i}^{пр} - 2Z_{min i}^{пр} = \delta_{i-1} - \delta_i.$$

$$4,33 - 2,0 = 3,2 - 0,87 = 2,33 \text{ мм},$$

Таким образом, расчеты припусков выполнены верно, и на их основе построена схема графического расположения припусков и допусков на обработку поверхности 90h11 (рис. 12).

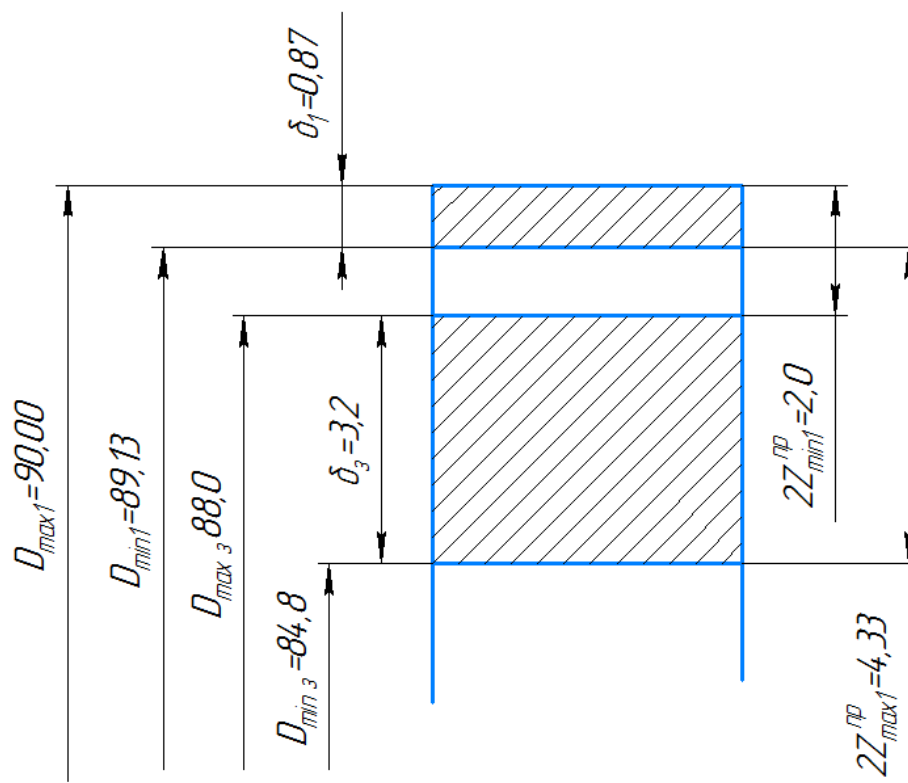


Рисунок 12 - Схема графического расположения припусков и допусков на обработку наружной поверхности детали

С помощью опытно-статистического метода определяю припуски на остальные обрабатываемые поверхности (таблица 16).

Таблица 16 - Припуски и допуски на остальные обрабатываемые поверхности

Поверхность (рис. 1)	Размер, мм	Припуск, мм	Допуск, мм	Предельное отклонение, мм	
				верхнее	нижнее
2	$10_{-0,36}^0$	2,0	2,8	+1,8	-1,0
3	$10_{-0,36}^0$	2,0	2,8	+1,8	-1,0
20	$120_{-0,87}^0$	2,5	3,6	+2,4	-1,2
52	$120_{-0,87}^0$	2,5	3,6	+2,4	-1,2
4, 10, 25, 32	$120_{-0,5}^{+0,8}$	2,5	3,6	+2,4	-1,2
3	$66_{-0,7}^{+1,4}$	2,3	3,2	+2,1	-1,1
10, 35	$65_{-0,29}^{-0,10}$	3	3,6	+2,4	-1,2
26	$125 \pm 0,5$	2,5	3,6	+2,4	-1,2

Таким образом, определены припуски на обрабатываемые поверхности как с помощью расчетно-аналитического, так и опытно-статистического метода.

2.2.2. Расчет режимов резания

Режимы резания определяются глубиной резания t , мм; подачей на оборот S_o , мм/об и скоростью резания V , м/мин.

Режимы резания оказывают влияние на точность и качество обработанной поверхности, производительность и себестоимость обработки.

Исходными данными при выборе режимов резания являются:

- 1) сведения о заготовке (вид заготовки, материал и его характеристика, величина припусков, состояние поверхностного слоя);
- 2) данные об обрабатываемой детали (форма, размеры, допуски на обработку, требования к состоянию поверхностного слоя, к шероховатости);
- 3) данные о режущем инструменте (типоразмер, материал режущей части, геометрические параметры);
- 4) паспортные данные станков (техническая характеристика).

Таким образом, режим резания устанавливают исходя из особенностей обрабатываемой детали, характеристики режущего инструмента и станка.

В первую очередь устанавливают глубину резания t . При однопроходной обработке на настроенном станке глубина резания равна припуску. При многопроходной глубина резания на первом рабочем ходе берется максимальная, на последующем – уменьшается с целью достижения заданной точности. Обычно на черновом этапе удаляется до 70 % припуска, а на чистовые этапы оставляют не более 30 %.

Подача S_o назначается максимально допустимой. При черновой обработке ее величина ограничивается жесткостью и способом крепления

обрабатываемой детали, прочностью и жесткостью инструмента, прочностью механизма подачи станка.

При чистовой обработке S определяется заданной точностью и шероховатостью обработки; величину ее выбирают по нормативам либо рассчитывают исходя из заданной точности.

Найденное значение подачи корректируют по паспорту станка.

Скорость резания рассчитывают по формулам теории резания (расчетно-аналитический метод) или устанавливают по нормативам (табличным методом), исходя из условий выполнения обработки. При определении скорости резания ориентируются на среднюю экономическую стойкость инструмента.

По скорости резания определяют частоту вращения шпинделя или число двойных ходов (стола или ползуна). Эти величины согласовывают и корректируют с учетом паспорта станка.

После назначения режимов резания подсчитывают суммарную силу резания и по ней эффективную мощность. Последнюю сравнивают с мощностью станка и окончательно корректируют режимы резания [29].

Для расчета режимов резания принимаю следующую операцию: 25 Вертикально-фрезерная. Исходными данными для этой операции являются:

1) сведения о заготовке (вид заготовки – штамповка, материал и его характеристика – АМг6, характеристика приведена в п.1.1., состояние поверхностного слоя – обработка ведется по корке);

2) данные об обрабатываемой детали (форма – сложная, размеры – габаритные: 145x120x72 мм, требования к шероховатости – $Ra = 6,3$);

3) данные о режущем инструменте – Фреза GARANT Softcut MTC 100/12, Пластины APET 133508 FR ALU.

4) паспортные данные станка 6М12П – приведены в п.3.9.

Подачу на зуб выбираю по рекомендациям производителя режущих инструмента [10]:

$$S_z = 0,2 \frac{\text{мм}}{\text{зуб}}.$$

Скорость резания также выбираю исходя из рекомендаций производителя инструмента:

$$V = 500 \frac{\text{м}}{\text{мин}}.$$

Определяю частоту вращения концевой фрезы [22]:

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times d},$$

$$n = \frac{1000 \times 500}{3,14 \times 100} = 1592 \frac{\text{об}}{\text{мин}}.$$

Максимальная частота вращения шпинделя станка 6М12П – 1600 об/мин, следовательно рассчитанная частота вращения может быть обеспечена.

Глубина резания $t = 2,6$ мм.

На остальные операции режимы резания назначаются по каталогам изготовителей инструментов и заносятся в таблицу 17.

Таблица 17 - Выбор режимов резания

Наименование операции	Номер перехода	Номер поверхности (рис. 1)	t, мм	So, мм/об	N, об/мин	V, м/мин
1	2	3	4	5	6	7
010 Фрезерная	1	3, 14	3	2,4	1911	600
015 Комплексная с ЧПУ (установ А)	1	33	1	2,4	1911	600
	2	10, 35	20	0,4	7962	500
	3	13	10	0,13	6369	400
	4	13	10	0,13	3185	400
	5	13	1	0,3	2381	314
015 Комплексная с ЧПУ (установ Б)	1	2, 4	7	1	3822	600
	2	32, 20, 24, 25, 26, 27, 28, 52	20	0,4	7962	500
	3	3, 14	1	2,4	7962	500
	4	50	20	0,13	6369	400
	5	50	3	0,4	7962	500
	6	51	4,5	0,32	2787	140
	7	63	0,5	0,04	3981	100
	8	9, 16, 19	2	0,05	9554	120
	9	37, 38	0,4	0,04	9554	120

	10	8	2,5	0,08	8917	140
	11	66	3,4	0,11	9367	200
	12	69	0,6	0,2	510	40
	13	68	0,866	1	1327	25
	14	8	1,083	1,25	955	25
	15	66	4,5	0,4	7962	500
	16	30, 31, 49	3,4	0,08	8917	140
	17	59	6	0,18	3715	140
	18	57	1	0,3	5414	238

Окончание таблицы 17 - Выбор режимов резания

1	2	3	4	5	6	7
	19	57, 58	1	0,16	637	40
	20	56	0,6	0,16	1027	40
	21	58	0,866	1	955	25
	22	59	4,5	0,4	7962	500
	23	2, 5, 6, 43, 44, 42, 47, 39, 48	4,5	0,4	7962	500
	24	1	1	0,05	9554	160
	25	41, 46	20	0,4	7962	500
	26	29	6	0,18	3715	140
	27	67	0,6	0,2	510	40
	28	29	1,732	2	682	30
020 Токарная с ЧПУ	1	21, 22, 23	8	0,1	3539	600
	2	21, 22, 23	2	0,2	5414	238
	3	13, 62, 12, 61, 70	1	0,2	637	40
	4	11, 15, 24	1,5	0,1	1027	40
	5	34, 17	1,5	0,1	955	25
	6	24, 53, 54	4,5	0,45	9908	140
	7	64	2,5	0,08	8917	140
	8	65	0,6	0,2	510	40
	9	64	0,866	1	1327	25

Таким образом, для обеспечения заданного качества поверхностей детали при обработке, предложены и рассчитаны режимы резания. Из этого можно установить, что заготовки из материала АМг6 обрабатываются на высоких скоростях резания и небольших подачах.

2.2.3. Расчет технических норм времени

Под технически обоснованной нормой времени понимается время, необходимое для выполнения заданного объема работы (операции) при определенных организационно-технических условиях.

Норма штучного времени – это норма времени на выполнение объема работы, равной единице нормирования, на выполнение технологической операции.

Технические нормы времени в условиях массового и серийного производств устанавливаются расчетно-аналитическим методом.

В серийном производстве определяется норма штучно-калькуляционного времени $T_{ш-к}$:

$$T_{ш-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт},$$

где $T_{п-з}$ – подготовительно заключительное время на партию деталей; n – количество деталей в настроечной партии;

$T_{шт}$ – норма штучного времени, которая определяется по формуле:

$$T_{шт} = t_o + t_b + t_{об} + t_{от},$$

где t_o – основное время;

t_b – вспомогательное время;

$t_{об}$ – время на обслуживание рабочего места;

$t_{от}$ – время перерывов на отдых и личные надобности.

Вспомогательное время состоит из затрат времени на отдельные приемы, и рассчитывается по формуле:

$$t_b = t_{у.с.} + t_{з.о.} + t_{уп} + t_{из},$$

где $t_{у.с.}$ – время на установку и снятие детали;

$t_{з.о.}$ – время на закрепление и открепление детали;

$t_{уп}$ – время на приемы управления;

$t_{из}$ – время на измерение детали.

Время на обслуживание рабочего места в массовом и серийном производстве рассчитывается по следующей формуле:

$$t_{об} = t_{тех} + t_{орг},$$

где $t_{тех}$ – время на техническое обслуживание рабочего места;

$t_{орг}$ – время на организационное обслуживание.

Нормирование операции осуществляется в соответствии с выбранными методами обработки.

Основное (технологическое) время t_o определяется расчетом по всем переходам обработки с учетом совмещения переходов (для станочных работ) по формуле:

$$t_o = \frac{l \times i}{S_m},$$

где l – расчетная длина обрабатываемой поверхности (расчетная длина хода инструмента или заготовки в направлении подачи);

i – число рабочих ходов;

S_m – минутная подача инструмента.

В общем случае расчетная длина обрабатываемой поверхности рассчитывается по формуле:

$$l = l_o + l_{вр} + l_{п} + l_{сх},$$

где l_o – длина обрабатываемой поверхности в направлении подачи;

$l_{вр}$ – длина врезания инструмента;

$l_{п}$ – длина подвода инструмента к заготовке;

$l_{сх}$ – длина перебега (схода) инструмента.

Длину l_o берут из чертежа обрабатываемой поверхности заготовки; $l_{вр}$, $l_{п}$, $l_{сх}$ определяют по нормативам ($l_{п} = l_{сх} \approx 1 \dots 2$ мм). Значение $l_{вр}$ можно определить расчетным путем по схеме обработки.

Вспомогательное время устанавливается по нормативам для каждого перехода.

Сумму основного и вспомогательного времени называют оперативным временем

$$t_{оп} = t_o + t_{в}$$

Вспомогательное время может быть перекрываемым основным временем, частично перекрываемым и неперекрываемым.

Перекрываемое время – время выполнения рабочим тех приемов, которые осуществляются в период автоматической работы оборудования. Это время в норму штучного времени не входит. Неперекрываемое время – норма времени выполнения рабочим приемов при остановленном оборудовании и времени, затрачиваемого на машинно-ручные приемы.

При последовательном выполнении переходов для определения оперативного времени необходимо просуммировать все основные и вспомогательные времена по всем переходам данной операции и только после этого определять остальные составляющие нормы штучного времени. При параллельном выполнении переходов основное и вспомогательное время на операцию берут по длительному переходу обработки.

Время технического обслуживания $t_{\text{тех}}$ устанавливается в процентах (до 4-6 %) от основного или оперативного времени.

Время организационного обслуживания $t_{\text{орг}}$ устанавливается (до 4-8 %) от оперативного времени.

Время перерывов в работе на отдых $t_{\text{от}}$ устанавливается в процентах ($\approx 2,5$ %) от оперативного времени.

Подготовительно-заготовительное $t_{\text{п-з}}$ – интервал времени, затрачиваемый на подготовку исполнителей и средств технологического оснащения к выполнению технологической операции и приведению их в порядок после окончания смены или выполнения этой операции. Это время определяют по нормативам времени, в которые входят наладка средств технологического оснащения; ознакомление с работой (чертеж, карта техпроцесса, инструкции); получение материалов, инструментов и т.д.; после окончания обработки партии заготовок – сдача изготовленных деталей, снятие со станка технологической оснастки, приведение в рабочее состояние оборудования и т.д. Подготовительно-заключительное время определяется по нормативам в зависимости от оборудования и характера работ.

При многоинструментной параллельной, параллельно-последовательной или последовательной обработке основное время рассчитывается по формуле $t_o = \frac{l \times i}{S_m}$ для каждого суппорта. Общее основное время $t_{o.общ}$ определяют в зависимости от схемы обработки.

При последовательной обработке:

$$t_{o.общ} = \sum_{i=1}^h t_{o.c.посл},$$

где h – число суппортов или число последовательно работающих инструментов;

$t_{o.c.посл}$ – основное время для каждого суппорта или каждого инструмента.

При параллельной обработке:

$$t_{o.общ} = t_{o.c.посл.max},$$

где $t_{o.c.посл.max}$ – наибольшее основное время одного из суппортов или одного из инструментов.

При параллельно-последовательной обработке:

$$t_{o.общ} = \sum_{i=1}^h t_{o.c.посл} + t_{o.c.посл.max}$$

Другие составляющие нормы штучного времени для многоинструментной обработки те же, что и для обработки одним инструментом.

В качестве операции для расчета технических норм времени принимаю операцию – 015 комплексная с ЧПУ, установ Б, переход 4.

По исходным данным определяю длину обрабатываемых поверхностей:

$$l_1 = 21 + 8 = 29 \text{ мм};$$

$$l_2 = 120 + 8 = 128 \text{ мм};$$

$$l_3 = 6 + 8 = 14 \text{ мм};$$

$$l_4 = 9 + 8 = 17 \text{ мм};$$

$$l_5 = 6 + 8 = 14 \text{ мм};$$

$$l_6 = 11 + 4 = 15 \text{ мм};$$

$$l_7 = 16 \text{ мм};$$

$$l_8 = 70 \text{ мм};$$

$$l_9 = 16 \text{ мм};$$

$$l_{10} = 11 + 4 = 15 \text{ мм};$$

$$l_{11} = 6 + 8 = 14 \text{ мм};$$

$$l_{12} = 9 + 8 = 17 \text{ мм};$$

$$l_{13} = 6 + 8 = 14 \text{ мм};$$

$$l_{14} = 120 + 8 = 128 \text{ мм};$$

$$l_{15} = 21 + 8 = 29 \text{ мм};$$

$$L = 536 \text{ мм.}$$

Фрезерование контура осуществляется за 1 проход.

Минутная подача равна:

$$S_m = S_z \times Z \times n.$$

$$S_m = 0,2 \times 2 \times 7962 = 3184,8 \frac{\text{мм}}{\text{мин}}.$$

$$t_o = \frac{536 \times 1}{3184,8} = 0,17 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время обработки:

- Время на установку и снятие детали и время на закрепление и открепление детали $t_{у.с.} + t_{з.о.} = 0,15 \text{ мин [14];}$
- Время на приемы управления $t_{уп} = 0,19 \text{ мин [14];}$
- Время на измерение детали $t_{из} = 1,2 \text{ мин [14].}$

Ввожу поправочный коэффициент на вспомогательное время

$$K_{tB} = 0,87 \text{ [15].}$$

$$t_B = (0,15 + 0,19 + 1,2) \times 0,87 = 1,34 \text{ мин.}$$

Оперативное время:

$$t_{оп} = 0,17 + 1,34 = 1,51 \text{ мин.}$$

Время на обслуживание:

- Время на техническое обслуживание рабочего места $t_{тех} = 0,04 \times 1,51 = 0,06 \text{ мин.}$

- Время перерывов на отдых и личные надобности $t_{орг} = 0,04 \times 1,51 = 0,06 \text{ мин.}$

$$t_{об} = 0,06 + 0,06 = 0,12 \text{ мин.}$$

Время штучное:

- Время на отдых $t_{от} = 0,025 \times 1,51 = 0,038 \text{ мин.}$

$$T_{шт} = 0,17 + 1,34 + 0,12 + 0,038 = 1,67 \text{ мин.}$$

Штучно-калькуляционные время:

Подготовительно-заключительное время $t_{п-з} = 13 + 7 = 20 \text{ мин.}$

$$T_{ш-к} = \frac{20}{95} + 1,67 = 1,88 \text{ мин.}$$

Результаты расчетов для остальных операций приведены в табл. 18.

Таблица 18 - Технические нормы времени по операциям

Номер и наименование операции	t_o	t_b			$t_{об}$		$t_{от}$	$t_{шт}$	$t_{п-з}$	n	$t_{ш-к}$
		$t_{ус}$	$t_{уп}$	$t_{из}$	$t_{тех}$	$t_{орг}$					
010 Фрезерная	0,26	0,21	0,10	0,19	0,028	0,028	0,018	0,77	31	95	1,10
015 Комплексная с ЧПУ	6,63	0,23	3,71	5,28	0,60	0,60	0,38	16,51	29		24,6
020 Токарная с ЧПУ	1,01	0,18	0,57	1,66	0,14	0,14	0,09	3,96	29		5,98

В результате проведенных расчетов технических норм времени определена суммарная величина штучно-калькуляционного времени, необходимая для расчета экономической эффективности проекта. Также определены t_o , t_b , $t_{п-з}$ и $t_{шт}$, которые необходимы для разработки технологического процесса.

3. РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ

3.1. Особенности разработки управляющей программы

Выбранный обрабатывающий центр оснащен стойкой с системой ЧПУ SIEMENS Sinumerik 840D sl. Устройство Sinumerik 840D – это мощная высокопроизводительная система ЧПУ, позволяющая обеспечить выполнение практически любой технологической задачи с самыми высокими требованиями по быстродействию и точности [16]. Особенности данной стойки являются:

- Разработка и редактирование управляющих программ (УП) непосредственно на станке;
- Симуляция УП механической обработки деталей;
- Наличие ручного управления;
- Загрузка УП с внешних носителей;
- Возможность объединять несколько устройств управления с помощью одной системы ЧПУ;
- Открытость аппаратного и программного обеспечения;
- Возможность подключения до 9-той осей.

Разработка УП осуществляется с применением подготовительных и вспомогательных функций (G- и M-функций). Наиболее востребованные подготовительные функции представлены в таблице 19 [17]:

Таблица 19 - Основные G-функции

Название функции	Значение функции
1	2
G0	Быстрый ход инструмента
G1	Рабочий ход инструмента
G2	Круговая интерполяция по часовой стрелке
G3	Круговая интерполяция против часовой стрелки
G4	Активация времени выдержки (пауза)
G17	Выбор рабочей плоскости в координатах XY
G18	Выбор рабочей плоскости в координатах XZ
G19	Выбор рабочей плоскости в координатах YZ

Окончание таблицы 19 - Основные G-функции

1	2
G40	Отмена коррекции на радиус инструмента
G41	Коррекция на радиус инструмента слева от контура
G42	Коррекция на радиус инструмента справа от контура
G53	Ликвидация всех смещений нулевой точки
G55...57	Второе, третье, четвертое смещение нулевой точки
G90	Задание размеров в абсолютной системе координат
G91	Задание размеров в относительной системе координат
G94	Задание скорости подачи в мм/мин
G95	Задание скорости подачи в мм/об
G96	Задание постоянной скорости резания при точении
G97	Задание постоянного числа оборотов при работе осевым инструментом
G500	Отключение всех нулевых точек

Основные M-функции приведены в таблице 20 [17]:

Таблица 20 - Основные M-функции

Название функции	Значение функции
M0	Запрограммированный останов
M1	Останов по выбору
M3	Вращение шпинделя по часовой стрелке
M4	Вращение шпинделя против часовой стрелки
M5	Останов шпинделя
M6	Смена инструмента
M8	Включение подачи смазочно-охлаждающей жидкости
M9	Отключение подачи смазочно-охлаждающей жидкости
M17	Конец подпрограммы
M20	Перемещение задней бабки назад
M21	Перемещение задней бабки вперед
M23	Открытие контейнера
M24	Заккрытие контейнера
M25	Зажатие кулачкового патрона
M26	Разжим кулачкового патрона
M30	Конец программы, возврат в начало программы

Для упрощения создания управляющей программы в системе ЧПУ Sinumerik 840D sl предусмотрено наличие постоянных циклов, некоторые из них отмечены в таблице 21 [17]:

Таблица 21 - Постоянные циклы

Название цикла	Значение цикла
1	2
<i>Токарная обработка</i>	
CYCLE 83	Сверление отверстий спиральными сверлами
CYCLE 93	Обработка канавок различных форм

Окончание таблицы 21 – Постоянные циклы

1	2
CYCLE 95	Черновое и чистовое снятие припуска по наружному и внутреннему контуру
CYCLE 97	Нарезание резьбы на наружной и внутренней цилиндрической или конической поверхности
<i>Фрезерная обработка</i>	
CYCLE 71	Фрезерование плоских поверхностей
CYCLE 72	Фрезерование по контуру
CYCLE 81	Сверление до определенной глубины
CYCLE 90	Нарезание наружной или внутренней резьбы фрезами

Система ЧПУ Sinumerik 840D очень универсальна, что позволяет с ее помощью управлять различными станками и роботами [24]. Ее широкая функциональность позволяет без труда составить УП на обработку сложных деталей.

3.2. Разработка управляющей программы для обработки детали «Корпус коробки присоединительной»

Фрагмент управляющей программы для операции 015 установ Б представлен в таблице 22:

Таблица 22 - Фрагмент управляющей программы

Кадр управляющей программы	Пояснение кадра управляющей программы
1	2
T5 D1	Выбор инструмента №5 с коррекцией на режущую кромку №1
M6	Вызов смены инструмента
G90 G17 G54 G41	Задание абсолютных размеров, рабочая плоскость XY, активация первого смещения нулевой точки, коррекция на радиус инструмента слева от контура
G97 S3822	Постоянное число оборотов, равное 3822 об/мин
G1 F1	Рабочий ход, подача 1 мм/об
POCKET3(128,125,2,27,32,126,0,1.6,0,0,7,0,0,0.4,0.3,0,11,10,,,))	Вызов цикла «Фрезерование прямоугольного кармана»
G0 X200 Y200 Z200	Перемещение в точку смены инструмента
A90 C-90	Поворот вокруг оси X на 90 град. и вокруг оси Z на -90 град.
T2 D1	Выбор инструмента №1 с коррекцией на режущую кромку №1
M6	Вызов смены инструмента

Окончание таблицы 22 – Фрагмент управляющей программы

1	2
G90 G54 G17 G41	Задание абсолютных размеров, рабочая плоскость XY, активация первого смещения нулевой точки, коррекция на радиус инструмента слева от контура
G97 S1911 M3	Постоянное число оборотов, равное 1911 об/мин, вращение шпинделя по часовой стрелке
G0 X50.5 Y-110 Z29	Подвод инструмента на быстром ходу
G1 F3185	Рабочий ход, подача 3185 мм/мин
CYCLE72(«CONTUR1»,34,27.6,2,11,11,0,0,0.4,0.3,11,41,1,10,04,1,10)	Вызов цикла «Торцевое фрезерование»
G0 X200 Y200 Z200	Перемещение в точку смены инструмента
T3 D1	Выбор инструмента №3 с коррекцией на режущую кромку №
M6	Вызов смены инструмента
G90 G17 G54	Задание абсолютных размеров, рабочая плоскость XY, активация первого смещения нулевой точки
G97 S6369 M3	Постоянное число оборотов, равное 6369 об/мин, вращение шпинделя по часовой стрелке
G0 X58.5 Y0 Z34	Подвод инструмента на быстром ходу
G1 F828	Рабочий ход, подача 828 мм/мин
CYCLE83(34,27.6,2,13.6,,13.6,,19,0,,1,0,3,13.6,1,0,)	Вызов цикла «Глубокое сверление»
G0 X200 Y200 Z200	Перемещение в точку смены инструмента

4. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

4.1 Техническое описание разрабатываемого мероприятия

В данной выпускной квалификационной работе проектируется технологический процесс механической обработки «Корпус коробки присоединительной», который характеризуется наличием современного и производительного технологического оснащения. В частности, для изготовления деталей был выбран имеющийся на предприятии обрабатывающий центр с ЧПУ ALZMETALL GS 600/5FDT, способный выполнять функции многих универсальных станков или нескольких станков с ЧПУ. Стоимость данного станка довольно высока, поэтому важно определить рентабельность разрабатываемого проекта. Целью технико-экономического расчета является определение себестоимости обработки детали и срок окупаемости ее производства.

Исходными данными для расчета являются (таблица 23):

Таблица 23 - исходные данные для экономических расчетов

Название показателя	Значение показателя
Годовая программа выпуска деталей, шт.	4000
Штучно-калькуляционное время обработки детали по операциям, мин.	
6M12П	1,10
ALZMETALL GS 600/5FDT	24,6
DMG MORI CTX beta 800	5,98
Коэффициент использования материала	0,85
Нормативный коэффициент загрузки оборудования	0,75
Коэффициент выполнения норм	1

4.2. Определение количества технологического оборудования

Количество технологического оборудования рассчитывается по формуле [32]:

$$q = \frac{t \times N_{\text{год}}}{F_{\text{об}} \times k_{\text{вн}} \times k_3 \times 60},$$

где t – штучно-калькуляционное время операции, мин;

$N_{\text{год}}$ – годовая программа выпуска деталей, шт;

$F_{\text{об}}$ – действительный фонд времени работы оборудования, ч;

$k_{\text{вн}}$ – коэффициент выполнения норм времени;

k_3 – коэффициент загрузки оборудования.

Действительный годовой фонд времени работы единицы оборудования рассчитывается по следующей формуле [32]:

$$F_{\text{об}} = F_{\text{н}} \times \left(1 - \frac{k_{\text{р}}}{100}\right),$$

где $F_{\text{н}}$ – номинальный фонд времени работы единицы оборудования, ч;

$k_{\text{р}}$ – потери номинального времени работы единицы оборудования на ремонтные работы, % ($k_{\text{р}} = 2\%$ для вертикально-фрезерного станка,

$k_{\text{р}} = 9\%$ для обрабатывающего центра с ЧПУ).

Номинальный фонд времени рассчитывается исходя по данным производственного календаря на текущий год. В 2019 году насчитывается 247 рабочих дней, из них сокращенных 7 дней, поэтому при односменном режиме работы оборудования номинальный фонд времени равен:

$$F_{\text{н}} = 247 \times 8 + 7 \times 7 = 2025 \text{ ч.}$$

В данном проекте планируется работа металлорежущего оборудования в 2 смены, поэтому номинальный фонд времени увеличивается вдвое:

$$F_{\text{н}} = 2025 \times 2 = 4050 \text{ ч.}$$

Теперь рассчитывается действительный годовой фонд времени работы единицы оборудования:

$$F_{\text{об (6M12П)}} = 4050 \times \left(1 - \frac{2}{100}\right) = 3969 \text{ ч.}$$

$$F_{\text{об (GS 600/5FDT)}} = 4050 \times \left(1 - \frac{9}{100}\right) = 3986 \text{ ч.}$$

$$F_{об (GS 600/5FDT)} = F_{об (CTX beta 800)}$$

Все необходимые составляющие найдены и количество технологического оборудования составляет:

$$q_{6M12П} = \frac{1,1 \times 4000}{3969 \times 1,0 \times 0,8 \times 60} = 0,023;$$

$$q_{GS 600/5FDT} = \frac{24,6 \times 4000}{3986 \times 1,0 \times 0,8 \times 60} = 0,51;$$

$$q_{GS 600/5FDT} = \frac{5,98 \times 4000}{3986 \times 1,0 \times 0,8 \times 60} = 0,13.$$

Исходя из расчета принимаю количество оборудования каждого наименования по 1 единице.

4.3. Определение капитальных вложений в оборудование

Все необходимое металлорежущее оборудование для проектирования технологического процесса имеется на предприятии, поэтому используются имеющиеся в наличии станки. Информация о затратах на станки взята с предприятия и приведена в таблице 24:

Таблица 24 - Сводная ведомость оборудования

Наименование оборудования	Количество оборудования	Суммарная мощность, кВт		Стоимость одного станка, тыс. р.			Стоимость всего оборудования, тыс. р.
		Одного станка	Всех станков	Цена	Затраты на монтаж	Первоначальная стоимость	
6M12П	1	7,5	7,5	420	45	465	465
GS 600/5FDT	1	13	13	13500	840	14340	14340
CTX beta 800	1	35	35	17634	980	18614	18614
ИТОГО	2	20,5	20,5	13920	885	14805	14805

Капитальные вложения в оборудование довольно велики, однако оно имеется на предприятии.

4.4. Расчет технологической себестоимости детали

Технологическая себестоимость складывается из следующих элементов [32]:

$$C = Z_m + Z_{зп} + Z_э + Z_{об} + Z_{осн} + Z_{и},$$

где Z_m – затраты на материалы (заготовки), р;

$Z_{зп}$ – затраты на заработную плату, р.;

$Z_э$ – затраты на технологическую электроэнергию, р.;

$Z_{об}$ – затраты на содержание и эксплуатацию оборудования, р.;

$Z_{осн}$ – затраты, связанные с эксплуатацией оснастки, р.;

$Z_{и}$ – затраты на малоценный инструмент, р.

Затраты на материалы находятся по формуле определены в п. 2.1.2 и составили 640р.

Затраты на заработную плату основных и вспомогательных рабочих, участвующих в технологическом процессе обработки детали рассчитываются по формуле [32]:

$$Z_{зп} = Z_{пр} + Z_n + Z_{эл} + Z_k + Z_{тр},$$

где $Z_{пр}$ – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование производственных рабочих, р.;

Z_n – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование наладчиков, р.;

$Z_{эл}$ – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование электронщиков, р.;

Z_k – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование контролеров, р.;

$Z_{тр}$ – основная и дополнительная заработная плата с отчислениями на социальное страхование транспортных рабочих, р.

При сдельной оплате труда $Z_{пр}$ определяется по формуле:

$$Z_{пр} = C_T \times t \times k_{мн} \times k_{доп} \times k_{есн} \times k_p,$$

где C_T – часовая тарифная ставка производственного рабочего на операции, р.;

t – штучно-калькуляционное время на операцию, ч;

$k_{\text{мн}}$ – коэффициент, учитывающий многостаночное обслуживание ($k_{\text{мн}} = 0,49$);

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату ($k_{\text{доп}} = 1,1$);

$k_{\text{есн}}$ – коэффициент, учитывающий страховые взносы ($k_{\text{есн}} = 1,3$);

k_p – районный коэффициент, компенсирующий различия в стоимости жизни в различных природно-климатических условиях ($k_p = 1,15$) [21].

$$Z_{\text{пр}}(6\text{M}12\text{П}) = 180 \times \frac{1,1}{60} \times 0,49 \times 1,1 \times 1,3 \times 1,15 = 2,66 \text{ р.}$$

$$Z_{\text{пр}}(GS\ 600/5FDT) = 235 \times \frac{24,6}{60} \times 0,49 \times 1,1 \times 1,3 \times 1,15 = 77,64 \text{ р.}$$

$$Z_{\text{пр}}(GS\ 600/5FDT) = 227 \times \frac{5,98}{60} \times 0,49 \times 1,1 \times 1,3 \times 1,15 = 18,23 \text{ р.}$$

Численность станочников (операторов) вычисляется по формуле [32]:

$$Ч_{\text{ст}} = \frac{t \times N_{\text{год}} \times k_{\text{мн}}}{F_p \times 60},$$

где t – штучно-калькуляционное время операции, мин;

$N_{\text{год}}$ – годовая программа выпуска детали, шт;

$k_{\text{мн}}$ – коэффициент, учитывающий многостаночное обслуживание ($k_{\text{мн}} = 1$);

F_p – действительный годовой фонд времени работы одного рабочего, ч.

F_p определяется следующим образом:

Согласно производственному календарю на 2019 год, 247 дней рабочих и 7 сокращенных [21]. В год рабочему полагается отпуск в размере 28 дней, 2 дня теряются по причине болезни рабочего и 6 дней по иным причинам –

итого рабочий отсутствует на своем рабочем месте 36 дней, т. е. остается 211 рабочих дней. Таким образом, $F_p = 204 \times 8 + 7 \times 7 = 1681$ ч.

Тогда численность рабочих составляет:

$$\chi_{\text{ст (6M12П)}} = \frac{1,1 \times 4000 \times 1,0}{1681 \times 60} = 0,044;$$

$$\chi_{\text{ст (GS 600/5FDT)}} = \frac{24,6 \times 4000 \times 1,0}{1681 \times 60} = 0,98;$$

$$\chi_{\text{ст (CTX beta 800)}} = \frac{5,98 \times 4000 \times 1,0}{1681 \times 60} = 0,24.$$

Численность рабочих принимаю равной: $\chi_{\text{ст (6M12П)}} = 1$;
 $\chi_{\text{ст (GS 600/5FDT)}} = 1$, $\chi_{\text{ст (CTX beta 800)}} = 1$, результаты расчетов сведены в таблицу 25:

Таблица 25 - Заработная плата станочников (операторов)

Наименование операции	Часовая тарифная ставка, р	Штучно-калькуляционное время, мин	Заработная плата, р.	Расчетная численность станочников, чел.	Принятая численность станочников, чел.
010 Вертикально-фрезерная	180	1,1	2,66	0,044	1
015 Комплексная с ЧПУ	235	24,6	77,64	0,98	1
020 Токарная с ЧПУ	227	5,98	18,23	0,24	1
			99,17	1,264	3

Основная и дополнительная заработная плата вспомогательных рабочих (наладчиков, электронщиков) определяется по формуле:

$$Z_{\text{всп}} = \frac{C_{\text{т}}^{\text{всп}} \times F_p \times \chi_{\text{всп}} \times k_{\text{доп}} \times k_{\text{есн}} \times k_p}{N_{\text{год}}},$$

где $C_{\text{т}}^{\text{всп}}$ – часовая тарифная ставка рабочего соответствующей специальности и разряда, р.;

F_p – действительный годовой фонд времени работы одного рабочего, ч.;

$N_{\text{год}}$ – годовая программа выпуска деталей, шт.;

$\text{Ч}_{\text{всп}}$ – численность вспомогательных рабочих соответствующей специальности и разряда, чел.

Численность транспортных рабочих составляет 5% от числа станочников, численность контролеров – 7% от числа станочников. Поэтому численность транспортных рабочих равна [21]:

$$\text{Ч}_{\text{всп т}} = 0,05 \times 1,264 = 0,063.$$

Численность контролеров составляет:

$$\text{Ч}_{\text{всп к}} = 0,07 \times 1,262 = 0,088.$$

Тогда основная и дополнительная заработная транспортных рабочих равна:

$$\text{З}_{\text{всп т}} = \frac{128 \times 1681 \times 0,063 \times 1,1 \times 1,3 \times 1,15}{4000} = 5,57 \text{ р.}$$

Основная и дополнительная заработная контролеров составляет:

$$\text{З}_{\text{всп к}} = \frac{154 \times 1681 \times 0,088 \times 1,1 \times 1,3 \times 1,15}{4000} = 9,37 \text{ р.}$$

Данные о расчете зарплаты вспомогательных рабочих для удобства восприятия занесены в таблице 26:

Таблица 26 - Зарплаты вспомогательных рабочих

Специальность рабочего	Часовая тарифная ставка, р.	Численность, чел.	Затраты на изготовление одной детали, р.
Транспортный рабочий	128	0,063	5,57
Контролер	154	0,088	9,37
Итого		0,151	14,94

В расчет технологической себестоимости входят затраты на электроэнергию, которые определяются по формуле:

$$\text{З}_{\text{э}} = \frac{N_y \times k_N \times k_{\text{вр}} \times k_{\text{од}} \times k_w \times t \times \text{Ц}_{\text{э}}}{\eta \times k_{\text{вн}} \times 60},$$

где N_y – установленная мощность главного электродвигателя (по паспортным данным), кВт;

k_N – средний коэффициент загрузки электродвигателя по мощности (для металлообрабатывающих станков ($k_N = 0,2...0,4$);

$k_{вр}$ – средний коэффициент загрузки электродвигателя по времени (для среднесерийного производства – 0,6);

$k_{од}$ – средний коэффициент одновременной работы всех электродвигателей станка (при двух двигателях $k_{од} = 0,75$);

k_w – коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети предприятия ($k_w = 1,06$);

t – штучно-калькуляционное время, мин;

η – коэффициент полезного действия оборудования (по паспорту оборудования);

$k_{вн}$ – коэффициент выполнения норм;

$\text{Ц}_э$ – стоимость 1 кВт*ч электроэнергии, р. (на момент лета 2019 года $\text{Ц}_э = 4,37$ р.)

$$\text{З}_{э(6М12П)} = \frac{7,5 \times 0,3 \times 0,6 \times 0,75 \times 1,06 \times 1,1 \times 4,37}{0,8 \times 1,0 \times 60} = 0,11 \text{ р.}$$

$$\text{З}_{э(GS 600/5FDT)} = \frac{13 \times 0,3 \times 0,6 \times 0,75 \times 1,06 \times 24,6 \times 4,37}{0,9 \times 1,0 \times 60} = 3,70 \text{ р.}$$

$$\text{З}_{э(GS 600/5FDT)} = \frac{35 \times 0,3 \times 0,6 \times 0,75 \times 1,06 \times 5,98 \times 4,37}{0,9 \times 1,0 \times 60} = 2,42 \text{ р.}$$

Все расчеты по затратам на электроэнергию приведены в таблице 27:

Таблица 27 - затраты на электроэнергию для оборудования

Модель станка	Установленная мощность, кВт	Штучно-калькуляционное время, мин	Затраты на электроэнергию, р.
6М12П	7,5	1,1	0,11
GS 600/5FDT	13	24,6	3,70
CTX beta 800	35	5,98	2,42
Итого			6,23

Необходимым элементом для расчета технологической себестоимости является затраты на содержание и эксплуатацию технологического оборудования. Эти затраты рассчитываются по формуле [32]:

$$\text{З}_{об} = \text{С}_{ам} + \text{С}_{рем},$$

где $\text{С}_{ам}$ – амортизационные отчисления от стоимости технологического

оборудования, р.;

$C_{\text{рем}}$ – затраты на ремонт технологического оборудования, р.

Амортизационные отчисления для каждой единицы оборудования определяются по формуле [32]:

$$C_{\text{ам}} = \frac{Ц_{\text{об}} \times H_{\text{ам}} \times t}{F_{\text{об}} \times k_3 \times k_{\text{вн}} \times 60},$$

где $Ц_{\text{об}}$ – цена единицы оборудования, тыс. р.;

$H_{\text{ам}}$ – норма амортизационных отчислений ($H_{\text{ам}} = 7\%$);

t – штучно-калькуляционное время, мин;

$F_{\text{об}}$ – годовой действительный фонд времени работы оборудования, ч;

k_3 – нормативный коэффициент загрузки оборудования; $k_{\text{вн}}$ – коэффициент выполнения норм.

$$C_{\text{ам (6M12П)}} = \frac{465000 \times 0,07 \times 1,1}{3969 \times 0,8 \times 1,0 \times 60} = 0,19 \text{ р.}$$

$$C_{\text{ам (GS 600/5FDT)}} = \frac{14805000 \times 0,07 \times 24,6}{3986 \times 0,8 \times 1,0 \times 60} = 133,25 \text{ р.}$$

$$C_{\text{ам (CTX beta 800)}} = \frac{18614000 \times 0,07 \times 5,98}{3986 \times 0,8 \times 1,0 \times 60} = 40,72 \text{ р.}$$

Норма отчислений на ремонт $H_{\text{рем}}$ составляет 2%, тогда затраты на ремонт каждого вида оборудования определяются следующим образом:

$$C_{\text{рем (6M12П)}} = \frac{465000 \times 0,02 \times 1,1}{3969 \times 0,8 \times 1,0 \times 60} = 0,05 \text{ р.}$$

$$C_{\text{рем (GS 600/5FDT)}} = \frac{14805000 \times 0,02 \times 24,6}{3986 \times 0,8 \times 1,0 \times 60} = 39,07 \text{ р.}$$

$$C_{\text{рем (CTX beta 800)}} = \frac{18614000 \times 0,02 \times 5,98}{3986 \times 0,8 \times 1,0 \times 60} = 11,64 \text{ р.}$$

Затраты на обслуживание оборудования составили:

$$З_{\text{об (6M12П)}} = 0,19 + 0,05 = 0,24 \text{ р.}$$

$$З_{\text{об (GS 600/5FDT)}} = 133,25 + 39,07 = 172,32 \text{ р.}$$

$$З_{\text{об (CTX beta 800)}} = 40,72 + 11,64 = 52,36 \text{ р.}$$

Полученные расчеты о затратах на содержание и обслуживание технологического оборудования занесены в таблицу 28:

Таблица 28 - Затраты на содержание и содержание технологического оборудования

Модель станка	Стоимость станка, тыс. р.	Количество станков, шт.	Норма амортизационных отчислений, %	Штучно-калькуляционное время, мин.	Амортизационные отчисления, р.	Затраты на ремонт, р.
6М12П	465	1	7%	1,1	0,19	0,05
GS 600/FDT	14805	1	7%	24,6	133,25	39,07
CTX beta 800	18614	1	7%	5,98	40,72	11,64
Итого					174,16	50,76

Далее необходимо определить затраты на эксплуатацию инструмента, которые рассчитывают по формуле:

$$З_{и} = \frac{Ц_{и} + \beta_{п} \times Ц_{п} \times T_{м} \times \eta_{и}}{T_{ст} \times (\beta_{п} + 1)},$$

где $Ц_{и}$ – цена единицы инструмента, р.;

$\beta_{п}$ – число переточек;

$Ц_{п}$ – стоимость одной переточки, р.;

$T_{ст}$ – период стойкости инструмента, мин;

$T_{м}$ – машинное время, мин;

$\eta_{и}$ – коэффициент случайной убыли инструмента ($\eta_{и} = 0,98$).

Затраты на эксплуатацию зенкера 2320-2400 ВК6 ГОСТ 3231-71

$$З_{и} = \frac{4615 + 8 \times 32 \times 0,74 \times 0,91}{60 \times (8 + 1)} = 8,87 \text{ р.}$$

Результаты остальных расчетов занесены в таблицу 29:

Таблица 29 - Расходы на эксплуатацию режущих инструментов

Название инструмента	Цена 1 единицы инструмента, р.	Число переточек	Период стойкости, мин	Машинное время, мин	Стоимость 1 переточки, р.	Коэффициент убыли	Общие затраты, р.
Зенкер 2320-2400 ВК6 ГОСТ 3231-71	4615	8	60	0,28	32	0,91	8,67
Зенкер 2323-0514 ВК6 ГОСТ 12489-7	977	8	60	0,006	32	0,91	1,81
Фреза GARANT 20 2272 3,5	3374,79	6	80	0,18	32	0,91	6,08
Сверло GARANT 12 2250 5	1934,50	6	30	1,39	32	0,91	10,37
Сверло GARANT 12 2250 12	10978,47	6	40	0,039	32	0,91	39,23
Сверло GARANT 12 2250 6,8	3617,88	6	40	0,067	32	0,91	12,96
Сверло GARANT 12 2250 2	648,24	6	30	0,052	32	0,91	3,13
Метчик YG-1 M6x1 TC163316	712,95	5	90	0,044	32	0,91	1,33
Метчик YG-1 M14x2 TC163546	2013,90	5	90	0,013	32	0,91	3,73
Метчик YG-1 M8x1,25 TC163366	928,55	5	90	0,037	32	0,91	1,73
Метчик YG-1 M8x1 TC963376	928,55	5	90	0,021	32	0,91	1,73
Зенковка GARANT 15 0820 20	1931,58	6	60	0,02	32	0,91	4,61
Зенковка GARANT 15 0150 30	4099,68	6	60	0,13	32	0,91	9,82
Фреза GARANT R0,5 20 8170-0,5	14973,03	6	80	2,37	32	0,91	27,48
Фреза GARANT 20 8150 16	8876,07	6	80	0,56	32	0,91	16,02
Фреза GARANT 20 8070 4	2454,99	6	80	1,35	32	0,91	4,81
Фреза GARANT 20 6140 4/0,4	7008	6	80	0,085	32	0,91	12,54
Итого							166,05

В проектируемом технологическом процессе используются прогрессивные режущие инструменты. Для этих инструментов затраты на эксплуатацию рассчитываются по следующей формуле [28]:

$$Z_{\text{эи}} = (C_{\text{пл}} \times n + (C_{\text{корп}} + k_{\text{компл}} \times C_{\text{компл}}) \times Q^{-1}) \times T_{\text{маш}} \times (T_{\text{ст}} \times b_{\text{фи}} \times N)^{-1},$$

где $Z_{\text{эи}}$ – затраты на эксплуатацию сборного инструмента, руб.;

$C_{\text{пл}}$ – цена сменной многогранной пластины, руб.;

n – количество сменных многогранных пластин, установленных для одновременной работы в корпусе сборного инструмента, шт.;

$C_{\text{корп}}$ – цена корпуса сборного инструмента (державки токарного резца, корпуса сборной фрезы/сверла), руб.;

$k_{\text{компл}}$ – коэффициент, учитывающий количество наборов комплектующих изделий, используемых в 1 корпусе (державке) сборного инструмента в течение времени его эксплуатации, шт.; ($k_{\text{компл}}$ до 5);

$C_{\text{компл}}$ – цена набора комплектующих изделий (опорных пластин, клиновых прижимов, накладных стружколомов, винтов, штифтов, рычагов и т. п.), руб.;

Q – количество сменных поворотных пластин, используемых в 1 корпусе (державке) сборного инструмента в течение времени его эксплуатации, шт.;

$T_{\text{маш}}$ – машинное время, мин.;

$T_{\text{ст}}$ – период стойкости инструмента, мин.;

$b_{\text{фи}}$ – коэффициент фактического использования, связанный со случайной убылью инструмента ($b_{\text{фи}} = 0,87 \dots 0,97$);

N – количество вершин сменной многогранной пластины, шт.;

Для Фрезы GARANT 21 5574 100/Z12 с пластинами APET 133508 FR ALU в количестве 12 штук затраты составят:

$$Z_{\text{зи}} = (9126,5 \times 12 + (49493,27 + 4 \times 1095) \times 900^{-1}) \times 0,146 \\ \times (90 \times 0,9 \times 2)^{-1} = 67,65 \text{ р.}$$

Результаты остальных расчетов о затратах на эксплуатацию прогрессивного инструмента приведены в таблице 30:

Таблица 30 - Затраты на эксплуатацию прогрессивного инструмента

Название инструмента	Цена 1 единицы инструмента, р.	Период стойкости, мин	Машинное время, мин	Коэффициент убыли	Общие затраты, р.
1	2	3	4	5	6
Фреза GARANT 21 5574 100/Z12 Пластина APET 133508 FR ALU	49493,27 912,50	90	0,146	0,95	67,65
Блок KORLOY SMBB 2532 Касета KORLOY SPB 332 Пластина KORLOY SP 300 H01	2381,40 1563,30 205,92	110	0,092	0,95	1,05
Державка KORLOY PCLNR 2525-M12 Пластина KORLOY CNMG 120408-NA H01	5269,83 427,17	110	0,052	0,95	2,17
Корпус сверла KOMET 23 5502 20 Пластина KOMET SOEX 120508-21 BK7710	40734 1314	90	0,14	0,95	16,41
Державка KORLOY S32S-SDUCR-11 Пластина KORLOY DCGT11T304-AK H01	9292,9 737,47	110	0,015	0,95	3,73
Фреза KYOCERA 22 7510 50/Z4 Пластина KYOCERA BDGT 170404 FR-JA ALU	25958,8 1270,2	90	0,13	0,95	31,42
Корпус сверла KOMET 23 5502 40 Пластина KOMET SOEX 120508-21 BK7710	26937 1314	90	0,28	0,95	16,47
Фреза GARANT 21 5840 20/2 Пластина GARANT APET 133504 FR ALU	20315,9 908,85	110	0,67	0,95	9,54
Державка KORLOY MGIVL 3732-8 Пластина KORLOY MGMN 800-M H01	1195 1419	110	0,32	0,95	7,19

Окончание таблицы 30 - Затраты на эксплуатацию прогрессивного инструмента

1	2	3	4	5	6
Державка KORLOY S32S-PDUNL-15	11707,41	110	0,48	0,95	2,04
Пластина KORLOY DNMG 150604-NA H01	362,81				
Державка KORLOY SDJCL 2525-M11	1371	110	0,015	0,95	3,73
Пластина KORLOY DCGT11T304-AK H01	737,47				
Державка KORLOY S32S-SDUCR-11	9292,9	110	0,086	0,95	3,75
Пластина KORLOY DCGT11T304-AK H01	737,47				
Державка KORLOY MGIVL 2925-1.5	1084,5	110	0,038	0,95	2,04
Пластина KORLOY MGMN 150-G H01	403				
Державка KORLOY MGEHL 2525-1.5	867,6	110	0,02	0,95	2,04
Пластина KORLOY MGMN 150-G H01	403				
Итого					169,22

Также определяется затраты на эксплуатацию оснастки по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = \frac{q_p \times N_{\text{прс}} \times C_{\text{прс}} \times N_{\text{ам}}^{\text{прс}}}{N_{\text{год}} \times 100},$$

где q_p – расчетное количество оборудования, шт.;

$N_{\text{прс}}$ – количество приспособлений на единицу оборудования, шт.;

$C_{\text{прс}}$ – стоимость приспособлений, р.;

$N_{\text{ам}}^{\text{прс}}$ – норма амортизационных отчислений на приспособления, %

($N_{\text{ам}}^{\text{прс}} = 12\%$);

$N_{\text{год}}$ – годовая программа выпуска деталей, шт.

Общая стоимость оснастки для 6М12П – 16835р, количество приспособлений – 1, тогда затраты на эксплуатацию оснастки:

$$Z_{\text{осн (6М12П)}} = \frac{0,023 \times 1 \times 16835 \times 0,12}{4000 \times 100} = 0,00012 \text{ р.}$$

Стоимость затрат на эксплуатацию оснастки на станке 6М12П является незначительной, поэтому в расчете ей можно пренебречь.

Общая стоимость оснастки для GS 600/5FDT – 198368 р, количество приспособлений – 18, тогда затраты на эксплуатацию оснастки:

$$Z_{\text{осн (GS 600/5FDT)}} = \frac{0,51 \times 18 \times 198368 \times 0,12}{4000 \times 100} = 0,55 \text{ р.}$$

Общая стоимость оснастки для CTX beta 800 – 69140 р, количество приспособлений – 6, тогда затраты на эксплуатацию оснастки:

$$Z_{\text{осн (CTX beta 800)}} = \frac{0,13 \times 6 \times 69140 \times 0,12}{4000 \times 100} = 0,02 \text{ р.}$$

Результаты расчетов технологической себестоимости годового объема выпуска детали занесены в таблицу 31:

Таблица 31 -Результаты расчетов технологической себестоимости годового объема детали

Статья затрат	На годовую программу, р.	На 1 единицу детали, р.
Затраты на материалы	2560000	640
Заработная плата с начислениями	456440	114,11
Затраты на технологическую электроэнергию	24920	6,23
Затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	899680	224,92
Затраты на эксплуатацию оснастки	2280	0,57
Затраты на инструмент	664200	166,05
Итого	4607520	1151,88

4.5. Определение экономических показателей разрабатываемого мероприятия

Технико-экономический эффект характеризуют следующие показатели:

1. Уровень механизации труда на программных операциях;
2. Производительность труда на программных операциях

Первый показатель определяется по формуле [32]:

$$k_{\text{мех}} = \frac{T_o + T_{\text{всп}}}{t} \times 100\%,$$

где T_o – основное (машинное) время обработки детали на программных операциях, мин;

$T_{\text{всп}}$ – вспомогательное время механизированных приемов, мин;

t – штучно-калькуляционное время, мин.

$$k_{\text{мех}} = \frac{7,64 + 11,80}{30,4} \times 100 = 63,57\%.$$

Второй показатель рассчитывается по формуле [32]:

$$B = \frac{F_d \times k_{\text{вн}} \times 60}{t},$$

где F_d – действительный фонд времени работы одного рабочего, ч.;

$k_{\text{вн}}$ – коэффициент выполнения норм.

$$B = \frac{3986 \times 1,0 \times 60}{30,4} = 7867,11 \frac{\text{шт}}{\text{чел}}.$$

Основные характеристики и итоги расчетов представлены в таблице 32:

Таблица 32 - Техничко-экономические показатели проекта

Название показателя	Значение показателя
Годовой выпуск деталей, шт.	4000
Количество оборудования, шт	3
Количество рабочих, чел	3
Технологическая себестоимость обработки детали, р.	1151,88
Технологическая себестоимость годового выпуска, р.	4607520
Уровень механизации труда на операциях, %:	63,57
Производительность труда на операциях, шт/чел	7867,11

В результате проведенных расчетов экономической эффективности проектирования технологического процесса механической обработки детали «Корпус коробки присоединительной», определены себестоимость изготовления одной детали и по годовой программе в целом, рассчитано необходимое количество оборудования и рабочих для выполнения годовой программы выпуска, а также определены уровень механизации и производительность труда на программных операциях.

5. МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

5.1. Актуальность методической разработки

В связи с внедрением нового технологического процесса, возникла необходимость подготовить оператора обрабатывающего центра с ЧПУ 3-ей квалификации. На предприятии рабочие необходимой квалификации отсутствуют, однако имеется оператор обрабатывающего центра 2-ой квалификации. В связи с этим рабочему нужно пройти программу повышения квалификации в Региональном межотраслевом центре дополнительного профессионального образования при Машиностроительном заводе им. М. И. Калинина (МЗиК).

На основе имеющегося учебного плана необходимо разработать учебные занятия и методическое обеспечение для проведения повышения квалификации.

Таким образом, целью данного раздела является разработка занятия теоретического обучения. При этом можно выделить следующие задачи:

1. Проанализировать условия обучения в выбранном центре дополнительного образования (ДПО);
2. Проанализировать профессиональный стандарт «Оператор обрабатывающих центров с ПУ»;
3. Выбрать тему для проектирования занятия теоретического обучения;
4. Разработать план-конспект и методическое обеспечение по выбранной теме.

5.2. Анализ условий обучения в центре ДПО

В составе ПАО «МЗиК» имеется центр дополнительного профессионального образования, деятельностью которого является [30]:

- организация обучения и обучение по договорам с предприятиями;
- обучение (профподготовка) лиц, стоящих на учете в центрах занятости;
- подготовка новых рабочих и повышение квалификации кадровых рабочих, руководителей и специалистов;
- организация и проведение стажировки, практики студентов и выпускников начальных, средних и высших учебных заведений.

В подтверждение права оказывать образовательные услуги учебный центр имеет соответствующую лицензию Министерства общего и профессионального образования Свердловской области рег. № 17791 от 10.08.2015 г. Для эффективного оказания образовательных услуг организация имеет современную материально-техническую базу, в которую входят [30]:

- учебные классы;
- лаборатории;
- компьютерный класс;
- интерактивный класс для симуляции работы с токарным станком;
- интерактивный класс для симуляции работы с фрезерным;
- учебно-методический кабинет;
- техническая библиотека
- читальный зал.

Также в распоряжении учебного центра есть современное высокотехнологичное оборудования, располагающееся в цехах предприятия, с помощью которого решаются реальные производственные задачи.

Обучающий персонал центра ДПО отличается наличием большого опыта и высокой квалификации. В основном персонал состоит из преподавателей и мастеров производственного обучения.

Таким образом, выбранный учебный центр подходит для проведения повышения квалификации рабочих, имея при себе внушительную материально-техническую базу и отличных преподавателей.

5.3. Анализ профессионального стандарта

Программа повышения квалификации «Оператор станков с ЧПУ» построена на основе профессионального стандарта «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ» утвержденного приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 4 августа 2014 г. №530н. Теперь необходимо определить необходимые знания, умения и трудовые действия, которые нужно сформировать у обучаемого рабочего.

Профессиональный стандарт включает в себя 3 обобщённых функции распределённых по уровням квалификации (таблица 33) [20]:

Таблица 33 - Обобщенные трудовые функции

Код	Наименование	Уровень квалификации
А	Наладка и подналадка обрабатывающих центров с программным управлением для обработки простых и средней сложности деталей; обработка простых и сложных деталей	2
В	Наладка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей, требующих перестановок и комбинированного их крепления; обработка деталей средней сложности	3
С	Наладка и регулировка на холостом ходу и в рабочем режиме обрабатывающих центров с программным управлением для обработки деталей и сборочных единиц с разработкой программ управления; обработка сложных деталей	4

Повышение квалификации рабочего нужно проводить по 3-му уровню квалификации, так как деталь «Корпус коробки присоединительной» относится к разряду деталей средней сложности и обрабатывается с 2-ух установов. Согласно профессиональному стандарту, рабочий 3-ей квалификации должен осуществлять трудовые функции приведенные в таблице 34 [20]:

Таблица 34 - Трудовые функции для 3 уровня квалификации

Наименование	Код
Наладка обрабатывающих центров для обработки отверстий в деталях и поверхностей деталей по 7 - 8 квалитетам	В/01.3
Программирование станков с числовым программным управлением (ЧПУ)	В/02.3
Установка деталей в приспособлениях и на столе станка с выверкой их в различных плоскостях	В/03.3
Обработка отверстий и поверхностей в деталях по 7 - 8 квалитетам	В/04.3

В рамках дипломного проекта, для дальнейшего анализа выбрана трудовая функция В/02.3. Ее подробная характеристика представлена в таблице 35 [20]:

Таблица 35 - Характеристика трудовой функции В/02.3

Необходимые знания	Необходимые умения	Трудовые действия
Органы управления и стойки ЧПУ станка	Программировать станок в режиме MDI (ручной ввод данных)	Корректировка чертежа изготавливаемой детали
Режимы работы стойки ЧПУ	Изменять параметры стойки ЧПУ станка	Выбор технологических операций и переходов обработки
Системы графического программирования	Корректировать управляющую программу в соответствии с результатом обработки деталей	Выбор инструмента
Коды и макрокоманды стоек ЧПУ в соответствии с международными стандартами		Расчет режимов резания
		Определение координат опорных точек контура детали
		Составление управляющей программы

По окончании курса повышения квалификации рабочий може занимать следующие должности:

1. Наладчик обрабатывающих центров (5-й разряд);
2. Оператор обрабатывающих центров (5-й разряд);
3. Оператор-наладчик обрабатывающих центров (5-й разряд);
4. Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 3-й квалификации;
5. Оператор обрабатывающих центров с ЧПУ 3-й квалификации;
6. Наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ 3-й квалификации.

Таким образом, необходимый уровень квалификации оператора-наладчика обрабатывающих центров определен верно и для разработки

занятия теоретического обучения выбирается трудовая функция «Программирование станков с числовым программным управлением».

5.4. Выбор темы для проектирования теоретического занятия

Для того, чтобы определиться с выбором темы занятия, необходимо рассмотреть учебный план повышения квалификации по профессии «Оператор-наладчик станков с ЧПУ» приведенный в таблице 36:

Таблица 36 - Учебный план повышения квалификации по программе
Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ

№	Наименование раздела и темы	Вид занятий		Всего часов
		Теоретическое	Практическое	
1	2	3	4	5
<i>Теоретическое обучение</i>				
1	Металлорежущий инструмент Инструментальные материалы. Геометрия режущих инструментов. Токарные резцы. Фрезы. Сверла. Резьбонарезной инструмент. Зенкеры. развертки	4	2	10
2	Режимы резания Расчет режимов резания при фрезеровании. Расчет режимов резания при точении. Расчет режимов резания при сверлении и рассверливании. Расчет режимов резания при зенкеровании и развертывании	2	2	4
3	Устройство станка с ЧПУ Устройство ЧПУ. Классификация устройства ЧПУ. Классификация двигателей станка. Основные узлы станка.	4	2	6
4	Управление обрабатывающим центром Регулирование подачи. Регулирование частоты вращения шпинделя. Управление перемещением рабочих органов станка. Режим JOG. Режим MDA. Смещение нулевой точки. Панель оператора. Функциональные клавиши.	2	2	4
5	Особенности программирования станков с ЧПУ Определение координат опорных точек. Подготовительные функции. Вспомогательные функции	4	2	6

Окончание таблицы 36 - Учебный план повышения квалификации по
программе Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ

1	2	3	4	5
6	Программирование обработки деталей Система графического программирования SinuTrain. Программирование по координатам. Циклы токарной обработки. Циклы фрезерной обработки. Циклы резьбонарезания. Циклы обработки отверстий осевым инструментом.	6	12	18
<i>Производственное обучение</i>				
7	Разработка и наладка управляющей программы на станке Разработка управляющей программы на станке. Настройка и проверка управляющей программы на станке. Способы наладки инструмента. Способы настройки деталей на обработку.	0	24	24
Квалификационный экзамен				4
Всего по курсу				72

Курс повышения квалификации имеет объем – 72 академических часа. В течение этого времени учащиеся приобретают теоретические знания в области программирования, обработки и эксплуатации обрабатывающего центра с ЧПУ. Теоретическое обучение ведется в специальных учебных аудиториях, оснащенных мультимедиа проектором и интерактивной доской. Затем на практических занятиях учащиеся отрабатывают полученные знания, с привлечением симулятора стойки ЧПУ Siemens Sinumerik 840D, которые установлены в компьютерном классе. После достижения необходимого уровня знаний и навыков работы с симулятором, практические работы проводятся в интерактивных классах на обрабатывающем центре EMCO Maxxmill 400.

Для разработки методического обеспечения выбрана тема «Циклы резьбонарезания».

5.5. Разработка теоретического занятия

Тема занятия: Циклы резьбонарезания.

Тип урока: Урок усвоения новых знаний.

Цели урока:

1. дидактическая – ознакомить учащихся с методикой программирования обработки резьбы с помощью постоянных циклов;
2. воспитательная – воспитать интерес к будущей профессии;
3. развивающая – развитие внимательности и абстрактного мышления.

Методы обучения: Словесные (рассказ, объяснение), наглядный (иллюстрации); практический (упражнения).

Оснащение урока: учебная презентация (приложение Б), персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, листы рабочей тетради.

План занятия на тему: «Циклы резьбонарезания»

План занятия представлен в таблице 37:

Таблица 37 - План урока усвоения новых знаний

Этап урока	Деятельность преподавателя	Деятельность учащегося	Средства обучения	Время, мин.
1	2	3	4	5
Организационный	Озвучивает тему и цель занятия	Записывают тему занятия, слушают преподавателя	Презентация	2
Актуализация знаний обучающихся	Задаёт вопросы учащимся по пройденным темам	Отвечают на вопросы преподавателя, дополняют ответы друг друга	Презентация	5
Изложение нового учебного материала	Рассказывает новый учебный материал, показывает слайды презентации, отвечает на вопросы учащихся	Слушают преподавателя, записывают учебный материал по указанию преподавателя в листы рабочей тетради, задают вопросы	Презентация, листы рабочей тетради	27
Первичное закрепление изученного материала	Задаёт вопросы по новому учебному материалу	Отвечают на вопросы преподавателя, дополняют ответы друг друга	Презентация	8

Окончание таблицы - План урока усвоения новых знаний

1	2	3	4	5
Подведение итогов занятия	Делает вывод о достижении поставленной цели, резюмирует изученный материал	Слушают преподавателя	-	2
Оглашение домашнего задания	Дает задание на повторение пройденного материала	Записываю домашнее задание	учебник	1
Итого				45

Конспект разрабатываемого занятия:

Занятие рассчитано на 1 академический час.

Этап 1. Организационный.

Слайд №1. Темой данного занятия является – «Циклы резьбонарезания». На этом занятии мы изучим:

1. Металлорежущие инструменты, применяемые для нарезания резьбы при обработке на обрабатывающих центрах;
2. Программирование циклов нарезания резьбы, а именно – структуру циклов и их содержание;
3. Как вызвать каждый цикл при создании управляющей программы;
4. Особенности программирования обработки резьбы у группы отверстий.

Перед изучением нового и повторения изученного материала.

Этап 2. Актуализация опорных знаний.

Слайд №2. Начнем с повторения изученного материала, знание которого необходимо для успешного освоения данной темы:

1. Что такое управляющая программа?
2. Из чего состоит кадр управляющей программы?
3. Назовите значение функций M17, M30 и M0?
4. Как определить систему координат станка?
5. Какая функция устанавливает рабочую плоскость XY? YZ? XZ?

6. Каким символом обозначается подача в управляющей программе?

7. В чем заключается отличие функций G90 и G91?

Этап 3. Изложение нового учебного материала.

Слайд №3. Одним из видов инструментов для нарезания являются резцы. Резьбовые резцы применяются для нарезания всех видов резьб и обладают простой конструкцией, технологичностью и универсальностью. Под универсальностью понимается возможность одним и тем же резцом на цилиндрической и конической поверхностях нарезать наружную и внутреннюю резьбу различного диаметра и шага. Образование резьбы происходит в несколько проходов, что отрицательно сказывается на производительности инструментов, поэтому их используют в единичном и мелкосерийном производстве.

Слайд №4. Метчики используются для нарезания резьбы в отверстиях заготовок и бывают самых различных конструктивных исполнений. Процесс нарезания резьбы метчиком характеризуется возникновением больших сил резания и сил трения. Кроме того, затруднен отвод стружки, и при обработке вязких материалов есть большой риск поломки инструмента из-за заклинивания метчика в стружке.

Однако метчики имеют определенные достоинства в виде простоты и технологичности конструкции, а также возможности нарезания резьбы за счет самоподачи.

По конструкции метчики различают на:

1. Машинные – с короткой режущей частью, для применения на станках;
2. С винтовыми канавками – обеспечивают наилучшее удаление стружки из зоны резания, лучше всего подходят для обработки материалов дающих сливную стружку.

3. Бесстружечные – образуют резьбу методом пластического деформирования без образования стружки. Используются только для обработки вязких материалов.

4. Конические – используют для нарезания резьбы на внутренних конических поверхностях.

5. Шахматные – целесообразны для применения в труднообрабатываемых материалах, т. к. зубья расположены в шахматном порядке, что снижает толщину срезаемого слоя.

Слайд №5. Рассмотрим один из видов резьбовых фрез – гребенчатые фрезы, которые предназначены для нарезания наружных и внутренних резьб с мелким шагом на цилиндрических и конических поверхностях заготовок. Профиль зубьев фрезы соответствует нарезаемой резьбы. Ее зубья образованы прямыми или винтовыми стружечными канавками. Задний угол образуется при затыловании фрезы.

Схема получения резьбы имеет следующий вид: ось фрезы располагается параллельно оси цилиндрической поверхности, на которой необходимо нарезать резьбу. Фреза одновременно вращается вокруг своей оси и вокруг цилиндрической поверхности заготовки. После врезания в поверхность заготовки с некоторой величиной радиально подачи, инструмент перемещается на величину одного шага резьбы. Т. е. продольная подача фрезы равна шагу нарезаемой резьбы. Основным недостатком данного вида инструмента является искажение угла профиля нарезаемой резьбы, которое обычно укладывается в поле допуска резьбы с мелким шагом.

Слайд №6. Цикл 97 предназначен для нарезания резьбы на наружных или внутренних цилиндрических поверхностях размером от М3 до М60 токарными резцами.

Цикл состоит из следующих элементов:

- Table – выбор вида резьбы
- MPT – номинальный диаметр резьбы.

- PIT – шаг резьбы.
- SPL – начальная точка резьбы.
- FPL – конечная точка резьбы.
- DM1 – диаметр резьбы у ее начала.
- DM2 – диаметр резьбы у ее окончания.
- APP – величина подвода инструмента.
- ROP – величина отвода инструмента.
- TDEP – глубина резьбы.
- FAL – величина припуска на чистовую обработку
- IANG – угол врезной подачи.
- NSP – угол, на котором расположена точка врезания.
- NRC – количество проходов для чернового припуска.
- NID – количество калибрующих проходов.
- SELECTION1 – выбор внутренней или внешней поверхности для обработки.
- SELECTION2 – выбор вида подачи.
- NUMT – количество заходов резьбы.

Слайд №7. Для того чтобы обеспечить величину подвода и отвода инструмента необходимо проточить резьбовую канавку. Для этого существует специальный цикл 96. Цикл содержит следующие параметры:

- DIATH – номинальный диаметр резьбы.
- SPL – начальная точка канавки по оси Z.
- FORM – форма выточки.
- _VARI – позиция канавки.

Слайд №8. Для нарезания резьбы метчиком в системе ЧПУ Sinumerik используется цикл 84. Структура цикла такова:

- RTP – величина отвода от начальной плоскости.
- RFP – начальная плоскость обработки.

- SDIS – безопасная плоскость.
- DP – глубина нарезания резьбы.
- DTB – время выдержки инструмента.
- SDAC – направление вращения шпинделя после окончания цикла.
- Axis – расположение оси инструмента.
- Selection – направление резьбы.
- Table – вид резьбы.
- PIT – шаг резьбы.
- POSS – позиция шпинделя.
- SST – скорость вращения шпинделя при нарезании резьбы.
- SST1 – скорость вращения шпинделя при обратном ходе инструмента.
- Infeed – параметр измерения шага резьбы.
- Operation – стратегия ломания стружки
- Technology – технологическая установка.

Слайд №9. Нарезание резьбы в группе отверстий возможно с использованием дополнительной функции MCALL и программирования циклов HOLES1, HOLES2, Position. С вызовом данной функции и программированием циклов вы познакомились при изучении темы «Циклы обработки отверстий».

Слайд №10. Нарезание резьбы может осуществляться резьбовой гребенчатой фрезой по специальному циклу 90. Обработка резьбы ведется по винтовой интерполяции. Цикл имеет следующие параметры:

- RTP – величина отвода от начальной плоскости.
- RFP – начальная плоскость обработки.
- SDIS – безопасная плоскость.
- DP – глубина нарезания резьбы.
- DIATH – номинальный размер резьбы.

- KDIAM – диаметр отверстия для резьбы.
- PIT – шаг резьбы.
- FFR – радиальная подача.
- Mill direct – направление вращения инструмента.
- Tread type – выбор наружной или внутренней резьбы
- CPA – центр окружности резьбы по оси X
- CPO – центр окружности резьбы по оси Y

Слайд №11. Для вызова цикла 97 на пульте оператора необходимо последовательно нажать кнопки: «Turning» – «Thread» – «Thread cutting».

Слайд №12. Для вызова цикла 96 необходимо нажать следующие клавиши в верной последовательности: «Turning» – «Undercut» – «Form A, B, C, D»

Слайд №13. Для вызова цикла 84 необходимо на пульте оператора нажать клавиши: «Drilling» – «Trapping» – «Rigid tapping»

Слайд №14. Для вызова цикла 90 необходимо нажать клавиши на пульте оператора: «Milling» – «<>» – «Tread milling».

Этап 4. Первичное закрепления полученных знаний

Слайд №15. В завершении занятия предлагаю закрепить полученные знания ответами на предложенные вопросы:

1. Каким циклом производится нарезание резьбы метчиком?
2. Как вызвать цикл резьбофрезерования?
3. Каких размеров можно нарезать метрические резьбы с помощью цикла 97?
4. Как называется функция обработки группы отверстий внутри цикла?
5. Для работы какого цикла необходима резьбовая выточка и почему?

Этап 5. Подведение итогов занятия.

На данном занятии мы с вами рассмотрели виды и особенности металлорежущего инструмента, часто применяемого в создании резьбовых

поверхностей, к ним относятся: резьбовые резцы, метчики и гребенчатые фрезы. Также мы познакомились с постоянными циклами, предназначенными для нарезания резьбы которые заложены в функционал системы ЧПУ Sinumerik 840D sl. Рассмотрели составляющие параметры циклов, и узнали каким образом вызвать каждый цикл в отдельности. Поставленные задачи занятия выполнены в полном объеме. На этом занятие завершено, спасибо за внимание.

					ДП 44.03.04.185.ПЗ	Лист
						99
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения данной выпускной квалификационной работы был разработан технологический процесс механической обработки детали «Корпус коробки присоединительной» с применением современного металлорежущего оборудования с числовым программным управлением.

В качестве применяемого оборудования используются: обрабатывающий центр с ЧПУ GS-600/5FDT и токарно-фрезерный станок с ЧПУ CTX beta 800 TC. Металлорежущие инструменты выбраны высокой производительности, что помогло сократить машинное время до минимума.

Для операции 015 «Комплексная с ЧПУ» на установ Б разработана управляющая программа с привлечением системы автоматизированного проектирования SIEMENS SinuTrain.

В экономической части выполнен расчет себестоимости изготовления одной детали и годовой программы в целом, а также уровень механизации и производительности труда на операциях.

В методической части осуществлен анализ профессионального стандарта «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с ЧПУ». На его основании разработана методика проведения занятия теоретического обучения в рамках повышения квалификации рабочих по данной профессии до 3 квалификации и разработана презентация к занятию.

Задачи выпускной квалификационной работы выполнены и поставленные цели достигнуты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ заводского технологического процесса механической обработки детали: Метод. рекомендации к выполнению практ. работы по технологии машиностроения. — Екатеринбург: Изд-во Урал. Гос. проф.-пед. Ун-та, 1998. - 35 с.
2. Бородина Н. В. Дипломное проектирование: учебное пособие / Н. В. Бородина, Г. Ф. Бушков. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2011. 90 с.
3. В. Ф. Пегашкин Методы получения заготовок деталей машин: учебное пособие / В. Ф. Пегашкин, Е. В. Пегашкина; М-во образования и науки РФ; ФГАОУ ВПО «УрФУ им. первого Президента России Б.Н.Ельцина», Нижнетагил. техн. ин-т (филиал). – Нижний Тагил: НТИ (филиал) УрФУ, 2016. – 81 с.
4. Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: [Учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов]. – 4-е изд., перераб. и доп. – Мн.: Высш. школа, 1983. – 256с., ил.
5. ГОСТ 14.004-83 Технологическая подготовка производства. Термины и определения основных понятий. Введ. 1983-07-01.— М.: Изд-во стандартов, 2005.— 8 с.
6. ГОСТ 14.205-83 Технологичность конструкции изделий. Понятия и определения. Введ. 1983-07-01.— М.: Изд-во стандартов, 2000.— 5 с.
7. ГОСТ 7505-89 Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. Введ. 1990-07-01.— М.: Изд-во стандартов, 1990.— 37 с.
8. Задание и методические указания к контрольной работе №2 по технологии машиностроения / Свердл. инж.-пед. ин-т. Свердловск, 1988. 63с.
9. Каталог металлорежущего инструмента «Hoffmann Group». 2017/2018 – с. 988.

10. Каталог металлорежущего инструмента «Korloy». 2016/2017 – 1121 с.
11. Каталог металлорежущего инструмента «YG-1». 2015/2016 – 1396 с.
12. Клименков С. С. Обработывающий инструмент в машиностроении : учебник / С.С. Клименков. — Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2013. — 459 с.: ил.
13. Козлова Т. А. Нормирование механической обработки: Учеб. пособие / Т. А. Козлова, Т. В. Шестакова. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. унта, 2013. 137 с.
14. Козлова Т.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие. – Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. проф.-пед. ун-та, 2001. – 169с.
15. Костина О. В. Программирование фрезерной обработки в системе ЧПУ «Sinumerik» [Электронный ресурс]: учебное пособие / О. В. Костина. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2018. 78 с. Режим доступа: <http://elar.rsvpu.ru/978-5-8050-0655-6>.
16. Мирошин Д. Г. Технология программирования и эксплуатация станков с ЧПУ: учебное пособие / Д. Г. Мирошин, Т. В. Шестакова, О. В. Костина. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2011. 79 с.
17. Обзоры цен на нефть и металлы [Электронный ресурс]. - Режим доступа <http://fx-commodities.ru>. - Заглавие с экрана. - (Дата обращения 23.09.2018).
18. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно - заключительного для технического нормирования станочных работ: Сер. Пр-во М.: Машиностроение, 1974. - 416 с.
19. Профессиональный стандарт профессиональный стандарт «Оператор-наладчик обрабатывающих центров с числовым программным

управлением» [Электронный ресурс] – <http://www.consultant.ru>. Дата обращения 02.06.2019.

20. Расчеты экономической эффективности новой техники: Справочник / под общ. Ред. К. М. Великанова. - 2-е изд., перераб. И доп. - Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1990. - 448 с.

21. Режимы резания металлов. Справочник. Изд. 3-е, перераб. И доп. М., «Машиностроение», 1972.

22. Руденко П. А. Проектирование технологических процессов в машиностроении. - К.: Вища шк. Головное изд-во, 1985. - 255 с.

23. Руководство оператора Siemens 840D sl 2006 – 470 с.

24. Спецметалл. Продажа металлопроката по низким ценам [Электронный ресурс]. - Режим доступа <http://nfmetail.ru>. - Заглавие с экрана. - (Дата обращения 23.09.2018)

25. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 /Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 656с., ил.

26. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 /Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 496с., ил.

27. Суриков В.П. К вопросу о расчете затрат на эксплуатацию прогрессивного режущего инструмента/В.П. Суриков [Текст]//Проблемы экономики, организации и управления в России и мире: Материалы III международной научно-практической конференции (22 октября 2013 года).- Отв. ред. Уварина Н.В.-Прага, Чешская Республика: Изд-во WORLD PRESS s r.o., 2013.-389 с.

28. Технология машиностроения: В 2 кн. Кн.2. Производство деталей машин: Учеб. пособ. для вузов/ Э.Л. Жуков, И.И. Козарь, С.Л. Мурашкин и др.; Под. ред. С.Л. Мурашкина. - 2 - е изд., доп. – М.: Высш. шк., 2005. 295 с.

29. Центр ДПО [Электронный ресурс] <http://cdpo.zik.ru> (Дата обращения 04.06.2019).

30. Центральный металлический портал РФ [Электронный ресурс]. - Режим доступа <http://metallicheckiy-portal.ru>. - Заглавие с экрана. - (Дата обращения 23.05.2019).

31. Чучкалова Е.И. Техничко-экономические расчеты в выпускных квалификационных работах (дипломных проектах) [Текст] : учеб. пособие /Е.И. Чучкалова, Т.А. Козлова, В.П. Суриков. Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО "Рос. гос. проф.-пед. ун-т", 2006. - 66 с.

32. DMG MORI [Электронный ресурс]. — Режим доступа <https://ru.dmgmori.com>. — Заглавие с экрана. - (Дата обращения 25.05.2019)

ПРИЛОЖЕНИЕ А – Перечень листов графических материалов

Наименование документа	Обозначение документа	Формат	Количество листов
1. Корпус коробки присоединительной Штамповка	ДП 44.03.04.185.01	A1	1
2. Корпус коробки присоединительной	ДП 44.03.04.185.02	A1	1
3. Иллюстрации технологического процесса	ДП 44.03.04.185.Д03	A1	1
4. Иллюстрации технологического процесса	ДП 44.03.04.185.Д04	A1	1
5. Иллюстрации технологического процесса	ДП 44.03.04.185.Д05	A1	1
6. Фрагмент управляющей программы	ДП 44.03.04.185.Д06	A1	1
7. Техничко-экономические показатели проекта	ДП 44.03.04.185.Д07	A1	1

ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Фрагмент управляющей программы

T5 D1

M6

G90 G17 G54 G41

G97 S3822 M3

G1 F3822

POCKET3(128,125,2,27,32,126,0,1.6,0,0,7,0,0,3822,2900,0,11,10,,,,)

G0 X200 Y200 Z200

A90 C-90

T2 D1

M6

G90 G17 G54 G41

G97 S7962 M3

G1 F3185

X-20 Y80 Z17,6

CYCLE72("CONTUR1",34,27.6,2,11,11,0,0,3185,2500,11,41,1,10,3185,1,

10)

G0 X200 Y200 Z200

T1 D1

M6

G90 G54 G17 G41

G97 S1911 M3

G0 X50.5 Y-110 Z29

G1 F4586

CYCLE71(29,28.6,1,27.6,0.5,-60,133.5,120,0,1,100,4586,0,4586,22,4586)

G0 X200 Y200 Z200

T3 D1

M6

G90 G17 G54

G97 S6369 M3

G0 X58.5 Y0 Z34

G1 F878

CYCLE83(34,27.6,2,13.6,,13.6,,19,0,,1,878,13.6,1,0,)

G0 X200 Y200 Z200

T2 D1

M6

G90 G17 G54 G41

G97 S7962 M3

G1 F3185

POCKET4(34,27.6,2,13.6,60,0,58.5,7.5,3185,3185,0,4,2500,2,11,20,,,,)

G0 X200 Y200 Z200

T7 D1

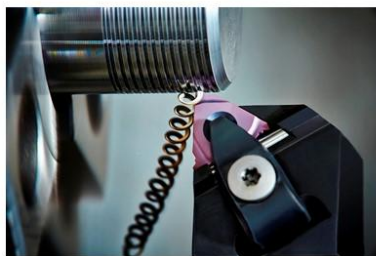
M6

G90 G17 G54 G41
 G97 S2787 M3
 G0 X58.5 Y0 Z34
 G1 F892
 POCKET4(34,13.6,2,-3.6,60,58.5,0,7.5,0,0,892,600,2,11,16,,,))
 G0 X200 Y200 Z200
 T8 D1
 G90 G17 G54 G41
 G97 S2787 M3
 G0 X58.5 Y0 Z34
 G1 F159
 POCKET4(34,27.6,2,27.3,61,58.5,0,0.5,0,0,159,135,2,11,12,,,))
 G0 X200 Y200 Z200
 T9 D1
 M6
 G90 G54 G17
 G97 S9554 M3
 G0 X26 Y0 Z29
 G1 F478
 CYCLE72("CONTUR2",29,27.6,1,2.2,2.2,0,0,478,478,12,41,1,2,478,1,2)
 G0 X19.5 Y0 Z29
 G1 F478
 CYCLE72("CONTUR3",29,27.6,1,2.2,2.2,0,0,478,478,12,41,1,2,478,1,2)
 G0 X200 Y200 Z200
 T10 D1
 M6
 G90 G54 G17
 G97 S382 M3
 G0 X26 Y0 Z29
 CYCLE72("CONTUR4",29,27.6,1,2.2,2.2,0,0,382,382,12,41,1,2,382,1,2)
 G0 X200 Y200 Z200

ЦИКЛЫ НАРЕЗАНИЯ РЕЗЬБЫ

Содержание урока

1. Инструменты для нарезания резьбы
2. Программирование циклов нарезания резьбы
3. Вызов циклов нарезания резьбы
4. Нарезание резьбы в группе отверстий



Вопросы для повторения

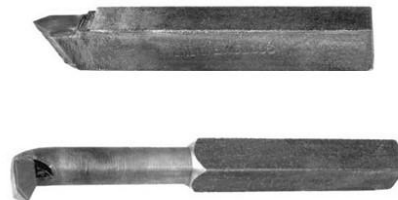
1. Что такое управляющая программа?
2. Из чего состоит кадр управляющей программы?
3. Назовите значение функций M17, M30 и M0?
4. Как определить систему координат станка?
5. Какая функция устанавливает рабочую плоскость XY? YZ? XZ?
6. Каким символом обозначается подача в управляющей программе?
7. В чем заключается отличие функций G90 и G91?

Резьбовые резцы

Применяются для нарезания всех видов резьб

По конструкции различают: цельные, с напайной пластиной, со сменной пластиной

По назначению: для наружных поверхностей, для внутренних поверхностей



Метчики

Используются для нарезания резьбы в отверстиях заготовок. Для крепления на станке метчики имеют хвостовик.

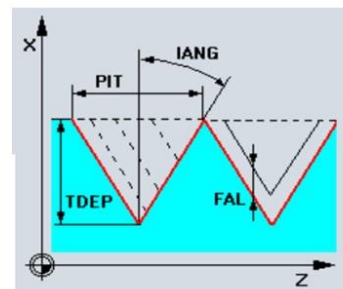
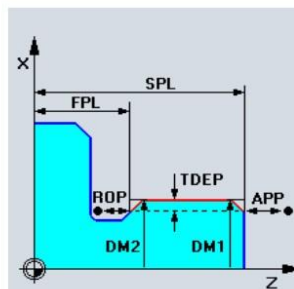
По конструкции метчики бывают: машинные, с винтовыми канавками, бесстружечные, конические, шахматные



CYCLE 97 – цикл нарезания резьбы резцом

Цикл предназначен для нарезания резьбы размером от M3 до M60 токарными резцами

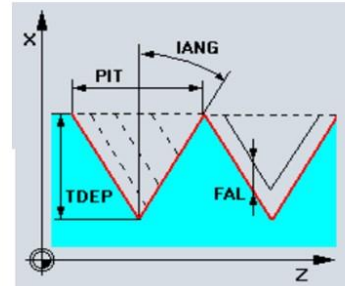
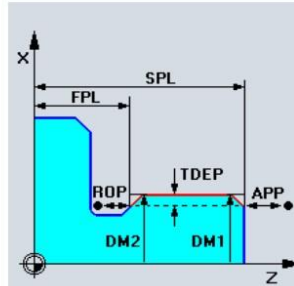
Table	Metric	
Thread size	MPIT	
Thread lead	PIT	
Start. point	SPL	
End point	FPL	
Diameter 1	DM1	
Diameter 2	DM2	
Run-in path	APP	3.000
Run-out path	ROP	3.000
Thread depth	TDEP	
Fin. allow.	FAL	1.000
Infeed angle	IANG	0.000
Start pt.offs	NSP	0.000
Cuts	NRC	1.000
Noncuts	NID	1.000
Selection		Outside
Selection		Const. infeed
No. of threads	NUMT	1.000



CYCLE 97 – цикл нарезания резьбы резцом

Цикл предназначен для нарезания резьбы размером от M3 до M60 токарными резцами

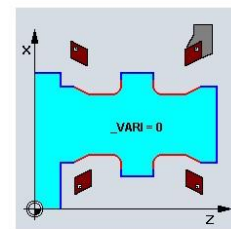
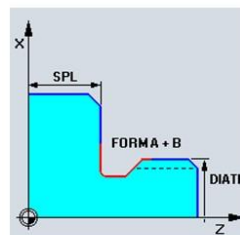
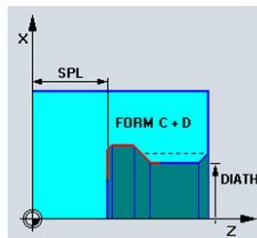
Table	Metric	
Thread size	MPIT	
Thread lead	PIT	
Start. point	SPL	
End point	FPL	
Diameter 1	DM1	
Diameter 2	DM2	
Run-in path	APP	3.000
Run-out path	ROP	3.000
Thread depth	TDEP	
Fin. allow.	FAL	1.000
Infeed angle	IANG	0.000
Start pt. offs	NSP	0.000
Cuts	NRC	1.000
Noncuts	NID	1.000
Selection		Outside
Selection		Const. infeed
No. of threads	NUMT	1.000



CYCLE 96 – цикл обработки выточки

Для того чтобы обеспечить величину подвода и отвода инструмента необходимо проточить резьбовую канавку

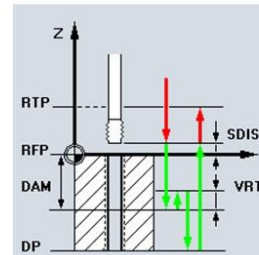
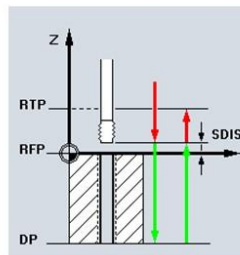
Nominal diam.	DIATH	
Start. point	SPL	
Form	FORM	A
Pos. selection	_VARI	0



CYCLE 84 – цикл нарезания резьбы метчиком

Для нарезания внутренней резьбы с помощью метчика программируется цикл 84

Retract plane	RTP	
Ref. plane	RFP	
Safety dist.	SDIS	1.000
Fin.dr.depth	DP	
Dwell time	DTB	
Dir. of rot.	SDAC	M3
Axis		3rd geo axis
Selection		Right
Table		None
Unit of PIT		mm/U
Lead	PIT	
Spindle pos.	POSS	
Speed	SST	
Speed retr.	SST1	
Infeed		One



Обработка группы отверстий

Для обработки группы отверстий метчиком предназначена функция MCALL и циклы HOLES1, HOLES2, Position

Name of label	
Ref. point	SPCA
Ref. point	SPCD
Angle	STA1
Distance	FDIS
Distance	DBH
Number	NUM 1.000

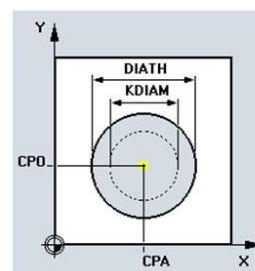
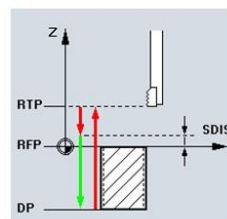
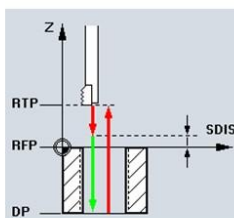
Name of label	
Center point	CPA
Center point	CPD
Radius	RAD
Angle	STA1
Incr. angle	INDA 0.000
Number	NUM 1.000

Select plane	G17
Name of label	
X0	
Y0	
X1	
Y1	

CYCLE 90 – цикл нарезания резьбы фрезой

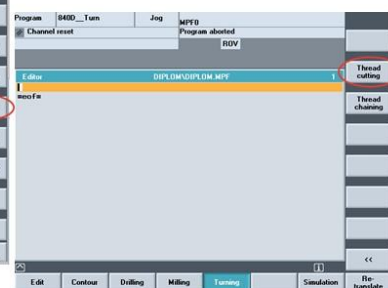
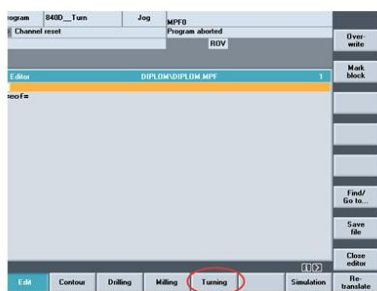
Цикл резьбофрезерования предназначен для получения наружной и внутренней фрезы с помощью резьбовой фрезы

Retract plane	RTP	
Ref. plane	RFP	
Safety dist.	SDIS	
Thread depth	DP	
Thread type	Intern. thread	
Nominal diam.	DIATH	
Core diameter	KDIAM	
Thread lead	PIT	
Feedrate	FFR	
Mill. direct.		G2
Center point	CPA	
Center point	CPD	



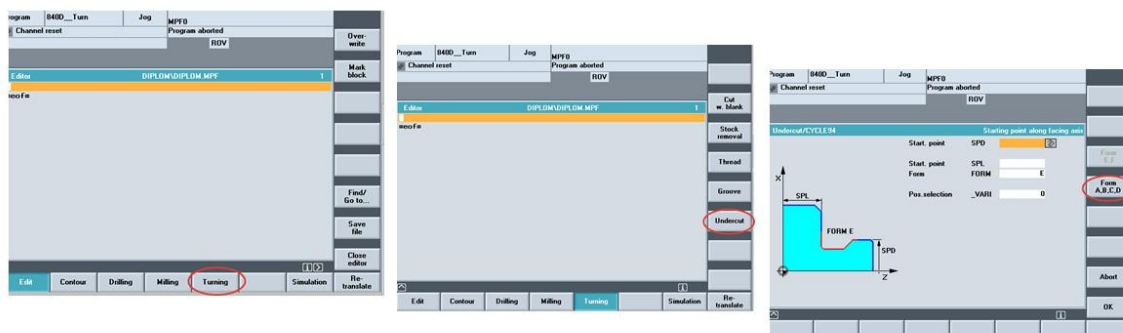
Вызов CYCLE 97

Для вызова цикла 97 необходимо последовательно нажать клавиши: «Turning» - «Thread» – «Thread cutting»



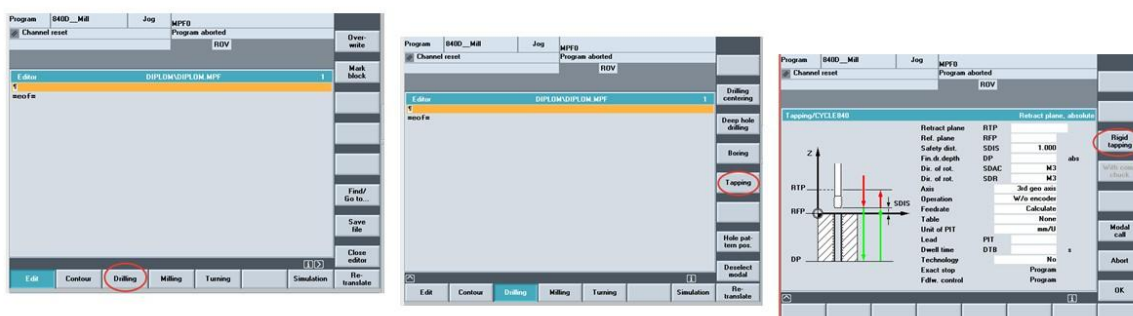
Вызов CYCLE 96

Для вызова цикла 97 необходимо последовательно нажать клавиши: «Turning» – «Undercut» – «Form A, B, C, D»



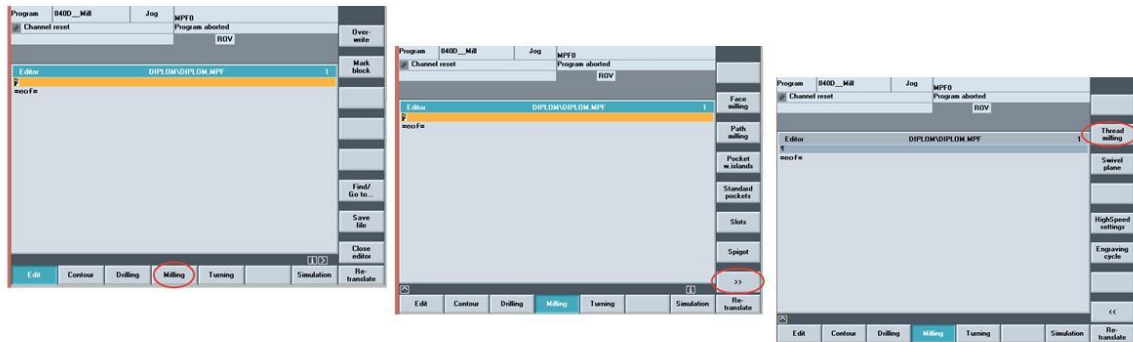
Вызов CYCLE 84

Для вызова цикла 97 необходимо последовательно нажать клавиши: «Drilling» – «Trapping» – «Rigid tapping»



Вызов CYCLE 90

Для вызова цикла 97 необходимо последовательно нажать клавиши: «Milling» – «>>» – «Tread milling»



Вопросы для закрепления

1. Каким циклом производится нарезание резьбы метчиком?
2. Как вызвать цикл резьбофрезерования?
3. Каких размеров можно нарезать метрические резьбы с помощью цикла 97?
4. Как называется функция обработки группы отверстий внутри цикла?
5. Для работы какого цикла необходима резьбовая выточка и почему?

**СПАСИБО ЗА
ВНИМАНИЕ!**

ПРИЛОЖЕНИЕ Г – Комплект технологической документации

					ДП 44.03.04.185.ПЗ	Лист
						117
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		